



Научная статья  
УДК 581.524.1+581.142  
doi: 10.55186/25876740\_2026\_69\_1\_106

## АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭКСТРАКТОВ *POLYGONUM AVICULARE* L. НА ВСХОЖЕСТЬ И РАННИЕ СТАДИИ ОНТОГЕНЕЗА ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СОЛЕВОГО СТРЕССА

И.В. Гордеева

Уральский государственный экономический университет,  
Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию совместного воздействия экстрактов горца птичьего *Polygonum aviculare* L. в концентрациях 1,25%, 2,5% и 5,0% и растворов хлорида натрия концентраций 0,03М и 0,05М, являющихся факторами солевого стресса, на всхожесть и развитие проростков ячменя *Hordeum vulgare* L. в условиях *in vitro*. Проращивание семян ячменя осуществлялось в чашках Петри и в специально подготовленной почве. Оценивалась всхожесть и энергия прорастания семян, а также сырая масса, длина корневой системы и гипокотила проростков (при проращивании в чашках Петри оценка производилась на седьмые, а при проращивании в почве — на десятые сутки развития). Показано, что экстракты *P. aviculare* L. оказывают стимулирующее воздействие на всхожесть, энергию прорастания и морфометрические признаки ранних стадий онтогенеза ячменя как при солевом стрессе, так и в его отсутствие, что проявляется в виде обратно пропорциональной зависимости данных показателей от концентрации экстрактов. Максимальный достоверный положительный эффект наблюдается при концентрациях экстракта, составляющих 1,25% и 2,5%, но дальнейшее увеличение данного показателя до 5,0% снижает стимулирующее влияние на все изучаемые показатели. Аналогичный эффект наблюдался в эксперименте с проращиванием семян ячменя в почве: водные экстракты горца птичьего минимальной и средней концентрации также оказывали стимулирующее воздействие на энергию прорастания семян (для всхожести подобного достоверного влияния выявлено не было), сырую массу проростков и среднюю длину корневой системы. Результаты эксперимента демонстрируют способность экстрактов растений, обладающих фармакологическими свойствами, оказывать стимулирующее воздействие на развитие сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** *Polygonum aviculare* L., *Hordeum vulgare* L., аллелопатический эффект, проростки, солевой стресс, всхожесть семян, биоморфологические показатели

Original article

## ALLELOPATHIC EFFECT OF *POLYGONUM AVICULARE* L. EXTRACTS ON GERMINATION AND EARLY STAGES OF BARLEY ONTOGENESIS UNDER SALT STRESS

I.V. Gordeeva

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

**Abstract.** The article is devoted to the study of the combined effect of *Polygonum aviculare* L. extracts in concentrations of 1.25%, 2.5%, and 5.0% and 0.03M and 0.05M sodium chloride solutions, which are salt stress factors, on the germination and development of barley *Hordeum vulgare* L. seedlings *in vitro*. Barley seeds were germinated in Petri dishes and in specially prepared soil. Germination and seed germination energy, as well as fresh weight, root system length, and hypocotyl length of seedlings were assessed (for germination in Petri dishes, the assessment was made on the seventh day, and for germination in soil, on the tenth day of development). It is shown that *P. aviculare* extracts have a stimulating effect on germination, germination energy and morphometric features of early stages of barley ontogenesis both under salt stress and in its absence, which is manifested in the form of an inversely proportional dependence of these indicators on the concentration of extracts. The maximum reliable positive effect is observed at extract concentrations of 1.25% and 2.5%, but a further increase in this indicator to 5.0% reduces the stimulating effect on all the studied indicators. A similar effect was observed in an experiment with germination of barley seeds in soil: aqueous extracts of knotweed of minimum and medium concentrations also had a stimulating effect on the germination energy of seeds (for germination, such a reliable effect was not revealed), fresh weight of seedlings and the average length of the root system. The results of the experiment demonstrate the ability of plant extracts with pharmacological properties to have a stimulating effect on the development of agricultural crops.

**Keywords:** *Polygonum aviculare* L., *Hordeum vulgare* L., allelopathic effect, sprouts, salt stress, seed germination, biomorphological indicators

**Введение.** В процессе прорастания многие виды культурных растений, так же как и другие представители флоры, подвергаются воздействию самых разнообразных факторов внешней среды как абиотического, так и биогенного происхождения, способных оказывать ингибирующее или стимулирующее влияние на всхожесть семян, морфометрические показатели роста и развития проростков, сроки и возможность цветения, плодоношения и пр. Среди факторов, негативно воздействующих на физиолого-биохимические свойства зерновых, технических и плодовоовощных культур наиболее изученными являются повышенные концентрации ионов тяжелых металлов природного и антропогенного происхождения, а также солевой стресс, индуцируемый натрий-хлоридным засолением

почвы, приводящий к нарушению водного баланса, клеточной транспирации, замедлению процесса фотосинтеза, и, в конечном итоге, снижению общей продуктивности биомассы [16, 18]. Следует отметить, что если в отношении последствий воздействия на прорастание большинства сельскохозяйственных культур ионов таких тяжелых металлов, как, например, свинец, фиксируется однозначный негативный эффект, то по поводу солевого стресса результаты исследований не столь очевидны и во многом определяются методикой эксперимента и, в большей степени, конкретной видовой принадлежностью объектов исследования [10, 13]. В частности, для ячменя обыкновенного *Hordeum vulgare* L., относящегося к числу наиболее толерантных к солевому стрессу зерновых культур, показано

наличие стимулирующего воздействия низких концентраций NaCl на ранние стадии развития проростков, сопровождающееся повышением активности пируваткарбоксилазы, обеспечивающей формирование приспособительных и защитных механизмов противодействия влиянию неблагоприятного фактора; однако дальнейшее нарастание концентраций ионов хлора (до 0,05М и выше) однозначно провоцирует подавление основных физиологических процессов в организме растений [3, 14].

Особой группой факторов, оказывающих влияние на развитие растений, являются вещества аллелопатической природы, вырабатываемые как представителями других видов высших растений, так и некоторыми микроорганизмами и выделяемые в почву или атмосферу [19, 22].



Механизмы аллелопатического воздействия изучаются на протяжении последних нескольких десятилетий как российскими, так и зарубежными исследователями, уделяющими внимание, в первую очередь, негативным последствиям подобного воздействия со стороны инвазивных и сорных видов растений для сельскохозяйственных культур [2, 21]. Чаще всего подобный негативный эффект обусловлен конкурентными взаимоотношениями между видами, населяющими один и тот же биотоп и обладающими сходными потребностями в природных ресурсах [17]. Тем не менее, в целом ряде исследований работ отмечается, что аллелопатическое воздействие на культурные растения не столь однозначно по последствиям и во многом определяется как видовой принадлежностью растения-донора и акцептора аллелопатических соединений (например, коливонов), так и концентрацией выделяемых соединений [1, 19]. В частности, Т.В. Сачивко указывает, что целый ряд видов пряно-ароматических и эфирно-масличных растений оказывает положительное воздействие на развитие экспериментальных образцов *Lactuca sativa*, а М.Н. Кондратьев и Ю.С. Ларикина отмечают роль веществ аллелопатического происхождения в формировании мутуалистических взаимоотношений между растениями, населяющими одну и ту же территорию [4, 12]. Аналогичный позитивный эффект для растений, относящихся к числу сельскохозяйственных культур, отмечают и зарубежные исследователи [18, 20]. Р. Gurta, изучая аллелопатический эффект экстрактов растений, служащих сырьем для производства фармакологических препаратов пролонгированного действия, в условиях *in vitro*, выявила, что целый ряд соединений, относящихся к алкалоидам и органическим кислотам, вырабатываемым лекарственными растениями, способны оказывать стимулирующее воздействие на всхожесть и ранние стадии онтогенеза многих сельскохозяйственных культур [20]. Очевидно, что масштабы, причины и последствия аллелопатического воздействия необходимо принимать во внимание при разработке альтернативных гербицидам механизмов защиты культурных растений и новых биотехнологических средств стимулирования роста и развития последних.

**Цель работы** — изучение аллелопатического воздействия на ранние стадии онтогенеза ярового ячменя *Hordeum vulgare* L. сорта Губернаторский экстрактов горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.) — эврибионтного растения семейства Гречишные (*Polygonaceae*), относящегося к числу видов, обладающих фармакологическими свойствами благодаря высокому содержанию биофлавоноидов [5]. Аллелопатическое воздействие изучалось в лабораторных условиях, при этом оценивалась не только всхожесть семян и развитие проростков *H. vulgare* при добавлении экстрактов горца птичьего различных концентраций, но и влияние последних на способность растений ячменя переносить солевой стресс.

**Объект и методы исследования.** Работа осуществлялась в 2023 г. в лаборатории кафедры физики и химии Уральского государственного экономического университета. Листья *P. aviculare* собирались в июне-июле 2023 г. в районе с. Слобода Свердловской области на берегу реки Чусовой вдали от автомагистралей. Сырье высушивалось стандартным воздушно-сухим

способом, исходный водный экстракт получали путем помещения 5 г сухих измельченных листьев горца птичьего в фарфоровую емкость, в которую добавляли 100 мл бидистиллированной воды. Содержимое доводили до кипения и затем настаивали в течение 2 ч при комнатной температуре (+23-24°C) при периодическом перемешивании раствора для достижения наилучшего эффекта экстрагирования. Полученный экстракт пропускать через бумажный фильтр и помещался в холодильник на 24 ч при температуре +6-8°C. Для проведения эксперимента приготовленный настой последовательно разводили дистиллированной кипяченой водой комнатной температуры в соотношениях 1:20 (5,0%), 1:40 (2,5%) и 1:80 (1,25%).

Эксперимент осуществлялся в условиях *in vitro* в шестикратной повторности. Первая часть эксперимента состояла в следующем. Семена *H. vulgare* помещали в стеклянные чашки Петри между листами фильтровальной бумаги (в чашку помещалось 15 семян ячменя), в которые вносили водный экстракт горца птичьего комнатной температуры заданной концентрации. Параллельно в половину чашек добавляли по 2 мл 0,03М или 0,05М раствора NaCl. В качестве контроля использовали семена, проращиваемые при поливе дистиллированной водой. Культивирование содержимого чашек Петри осуществлялось в течение 7 суток при комнатной температуре. Всхожесть и энергия прорастания семян оценивались согласно стандартной методике [9, 11]. Помимо этого, определяли сырую массу проростков, измеряли длину гипокотила и длину корней во всех вариантах эксперимента [6, 7].

Вторая часть эксперимента состояла в изучении аллелопатического эффекта *P. aviculare* на прорастание семян ячменя в почвенных условиях. По шесть семян ячменя помещались в стаканчики объемом 200 мл в специально

подготовленную почву с добавлением торфа верхового типа, нейтрализованного известковыми материалами (pH=6,5) и на протяжении 10 суток поливались экстрактами *Polygonum aviculare* указанных концентраций по мере высыхания почвы. Помимо этого, у половины объектов исследования в почву ежедневно добавлялось по 7-8 мл раствора 0,03М или 0,05М NaCl. По завершении эксперимента у всех проростков определялась сырая масса, длина корней и гипокотилей.

Обработка результатов осуществлялась с помощью программ LibreOfficeCalc 6.4 и Statistica 8.0 с оценкой средних арифметических значений всех показателей по каждой из выборок и t-критерия, на основании которого определялась достоверность различий между контролем и экспериментальными выборками.

**Результаты и обсуждение.** При изучении воздействия экстрактов горца птичьего на прорастание семян ячменя в чашках Петри было выявлено, что низкая концентрация экстракта (1,25%) продемонстрировала положительный эффект (около 10%) при оценке всхожести и энергии прорастания во всех вариантах опыта (табл.1). Например, в случае проращивания семян без воздействия солевого стресса всхожесть в контроле составляла в среднем 87%, а при добавлении 1,25 процентного экстракта *P. aviculare* — 97%, однако при возрастании концентрации раствора вдвое всхожесть возвращалась к контрольным значениям, а при дальнейшем увеличении этого показателя снижалась до 74%, т.е. стимулирующее воздействие проявлялось только при минимальных значениях экстракта, а для более высоких концентраций наблюдалась обратная пропорциональная зависимость между данной величиной и всхожестью семян, что отмечалось ранее и другими исследователями [1, 4]. Аналогичная картина наблюдалась и при оценке энергии прорастания семян.

Таблица 1. Результаты исследования проращивания семян ячменя *in vitro* при воздействии экстрактами *Polygonum aviculare*

Table 1. Results of a study on *in vitro* barley seeds germination exposed to *Polygonum aviculare* extracts

Вариант	Концентрация экстракта <i>P. aviculare</i> , %			
	0	1,25	2,5	5,0
<b>Всхожесть семян, %</b>				
Вода	87,4±1,8	96,7±2,1*	85,9±1,9	74,1±1,6*
0,03М NaCl	91,3±2,3	95,2±2,2	90,4±1,9	89,6±2,1
0,05М NaCl	67,4±1,9*	85,9±2,1	83,3±1,8	65,4±1,7
<b>Энергия прорастания семян, %</b>				
Вода	77,4±1,3	83,1±1,4*	84,3±1,6*	67,3±1,2*
0,03М NaCl	79,8±2,1	85,4±2,0*	84,8±1,8*	69,3±1,7*
0,05М NaCl	65,2±1,7*	76,3±1,9	76,2±1,8	58,4±1,3**
<b>Средняя сырая масса проростка, мг</b>				
Вода	324,3±6,7	386,5±8,2*	397,4±9,1*	341,3±9,8
0,03М NaCl	341,3±7,9	402,4±10,1*	400,4±8,6*	352,3±9,7
0,05М NaCl	287,3±7,2**	326,4±7,8	337,2±8,4*	296,3±7,4*
<b>Средняя длина корневой системы, см</b>				
Вода	11,3±0,8	14,5±0,7*	13,4±0,9*	12,0±0,6
0,03М NaCl	12,6±0,6	14,8±0,6*	14,2±0,5*	12,3±0,4
0,05М NaCl	9,8±0,3*	11,7±0,4	11,2±0,4	10,2±0,3
<b>Средняя длина гипокотила, см</b>				
Вода	13,4±0,8	16,2±0,7*	17,4±0,6*	14,6±0,7
0,03М NaCl	14,5±0,7	16,9±0,6*	17,8±0,9*	15,6±0,8
0,05М NaCl	11,4±0,5	13,6±0,4	13,3±0,3	10,9±0,8*

статистически достоверное различие между выборкой и контролем: \* — P<0,05; \*\* — P<0,01.



Как свидетельствуют данные, представленные в таблице 1, относительно невысокие концентрации раствора NaCl не только не оказывали негативного воздействия на прорастание семян ячменя, но и проявляли некий стимулирующий эффект, подтверждая тезис об относительно высокой устойчивости *H. vulgare* к солевому стрессу на фоне многих других злаковых культур [10, 11, 14]. В то же время повышение концентрации солевого раствора на 0,05M, как следует из полученных данных, оказывает ингибирующее воздействие на всхожесть семян ячменя, которая снижается на 20% по сравнению с контролем (снижение энергии прорастания составляет 12%); однако добавление 1,25 процентного раствора *P. aviculare* вновь повышает эти показатели до исходных контрольных значений (полив только водой без воздействия других факторов). Данная тенденция сохраняется и при удваивании концентрации экстракта горца птичьего, но при повышении ее до 5,0% вновь происходит резкое снижение обоих показателей.

При оценке средней массы проростков наблюдается подобная же тенденция: при отсутствии солевого стресса добавление 1,25 процентного экстракта *P. aviculare* приводит к возрастанию значений данного показателя на 17-20% (от 324,3 мг до 386,5 мг) при  $P < 0,05$  и до 25% (397 мг) при воздействии 2,5%-м экстрактом данного растения. При воздействии 5 процентным экстрактом *P. aviculare* средняя масса проростков ячменя начинает снижаться, приближаясь к исходным значениям. Дополнительное воздействие солевого стресса в целом демонстрирует сходный тренд: возрастание средней сырой массы проростков ячменя при добавлении экстрактов низких концентраций — 1,25% и 2,5%, причем при совместном влиянии двух факторов — аллелопатического экстракта и 0,03M раствора NaCl средняя масса проростков превышает контрольный показатель почти

на 25%, то есть в данном случае наблюдается синергетическое стимулирующее влияние, что противоречит литературным данным о дополнительном негативном эффекте аллелопатии в условиях солевого стресса [15].

Средняя длина корней и гипокотили отличалась меньшей вариабельностью, но позволила выявить достоверную ( $P < 0,05$ ) закономерность: возрастание данных показателей примерно на 16-19% по сравнению с контролем при воздействии экстрактами горца птичьего концентраций 1,25% и 2,5% и 0,03M раствором NaCl. При повышении концентрации солевого раствора в отсутствии экстракта *P. aviculare* происходит сокращение длины корней и гипокотили примерно на 11-13% по сравнению с контрольными значениями (причем и надземная, и подземная часть растений реагируют на солевой стресс практически одинаково), но добавление 1,25% и 2,5% экстракта горца птичьего оказывает стимулирующий эффект, возвращая показатели длины к контрольным значениям при отсутствии солевого стресса. Воздействие 5% экстрактом *P. aviculare* во всех случаях приводит к сокращению длины корней и гипокотили относительно предыдущих значений: можно предположить, что данная концентрация аллелопатических веществ является избыточной для нормального развития проростков ячменя.

В таблице 2 представлены результаты оценки всхожести, энергии прорастания и морфометрических показателей проростков ячменя при выращивании последних в почвенных условиях по описанной ранее методике. Как следует из результатов эксперимента, средняя всхожесть и энергия прорастания семян во всех случаях была несколько выше (на 7-9%) по сравнению с проращиванием последних в чашках Петри. При этом всхожесть семян при отсутствии солевого стресса достоверно не отличалась в контроле и при воздействии экстрактами горца

птичьего концентраций 1,25% и 2,5%, однако снижалась приблизительно на 7% при добавлении экстракта 5,0% концентрации. При солевом стрессе, вызванном добавлением в почву 0,03M раствора NaCl данная тенденция сохранялась, а при использовании более концентрированного 0,05M раствора хлорида натрия происходит достоверное снижение всхожести на 12%, но при добавлении экстрактов горца птичьего концентраций 1,25% и 2,5% этот показатель достигает контрольных значений, вновь снижаясь при дальнейшем повышении концентрации экстракта до 5%. При оценке энергии прорастания семян ячменя достоверный эффект от воздействия экстракта горца птичьего фиксируется уже при отсутствии солевого стресса: при этом величина первоначально возрастает от 80,1% до 86,7% и 87,2% при добавлении 1,25% и 2,5% экстрактов соответственно, а затем снижается до 70,2% при увеличении концентрации экстракта до 5,0%. Аналогичное явление наблюдается и при солевом стрессе, с той разницей, что достоверное снижение энергии прорастания семян фиксируется при 0,05M концентрации раствора поваренной соли, в то время как при добавлении 0,03M раствора подобного негативного тренда не обнаружено; однако и в том, и в другом случае внесение в почву экстрактов *P. aviculare* 1,25% и 2,5% концентрации способствует повышению энергии прорастания вплоть до контрольных значений в случае с ситуацией сильного солевого стресса.

Подобный тренд сохраняется и при оценке средней сырой массы проростка на 10-е сутки культивирования: наблюдается достоверное возрастание массы по сравнению с контролем на 12-13% в случае отсутствия и незначительного солевого стресса при воздействии экстрактами концентраций 1,25% и 2,5% и снижение до контрольных значений при возрастании концентрации экстракта до 5,0%. При усилении солевого стресса общая тенденция остается неизменной, хотя при снижении массы проростков почти на 25% по сравнению с контролем в случае отсутствия аллелопатического воздействия, при добавлении экстрактов горца птичьего низких концентраций данный показатель не восстанавливается полностью до исходных значений, хотя и достоверно повышается по сравнению с таковым для выборки, не подверженной воздействию аллелопатических соединений (от 317,3 мг до 358,4 мг и 362,2 мг соответственно), вновь снижаясь в случае использования 5,0% экстракта *P. aviculare*.

Средняя длина корневой системы и гипокотили также испытывают последствия воздействия двух дополнительных факторов: в случае отсутствия солевого стресса происходит незначительное удлинение корней, для гипокотили подобное изменение не является достоверным. При совместном действии экстрактов горца птичьего концентраций 1,25% и 2,5% и слабого солевого стресса происходит достоверное удлинение корней проростков (по мнению ряда исследователей, корневая система является более очевидным и надежным показателем испытываемого стресса по сравнению с наземной частью растения) [1, 8] и некоторое сокращение длины гипокотили при воздействии только 0,03M раствором NaCl без дополнительных факторов, восстанавливающаяся до контрольных значений при добавлении экстрактов низких концентраций. При дальнейшем усилении солевого

Таблица 2. Результаты исследования проращивания семян ячменя в почве при воздействии экстрактами *Polygonum aviculare*

Table 2. Results of a study on the barley seeds germination in soil exposed to *Polygonum aviculare* extracts

Вариант	Концентрация экстракта <i>P. aviculare</i> , %			
	0	1,25	2,5	5,0
<b>Всхожесть семян, %</b>				
Вода	94,2±2,4	95,4±1,7	96,2±2,4	87,3±1,5*
0,03M NaCl	92,1±1,8	94,2±1,5	95,2±1,6	83,2±1,4*
0,05M NaCl	82,4±1,7*	92,4±1,6	91,7±1,6	77,4±1,5*
<b>Энергия прорастания семян, %</b>				
Вода	80,1±2,1	86,7±1,9*	87,2±2,2*	70,2±1,5**
0,03M NaCl	82,4±1,8	88,7±1,7*	87,6±2,1*	72,4±1,4*
0,05M NaCl	72,4±1,6*	79,4±1,8	80,5±1,5	71,9±1,6*
<b>Средняя масса проростка, мг</b>				
Вода	408,3±6,5	451,5±8,4**	458,3±8,2**	407,8±9,2
0,03M NaCl	414,5±7,4	473,4±9,1**	482,5±8,5**	412,2±8,7
0,05M NaCl	317,3±6,4**	358,4±6,4*	362,2±7,4*	326,4±6,7**
<b>Средняя длина корневой системы, см</b>				
Вода	12,4±1,0	15,3±0,8*	14,1±0,7	12,8±0,6
0,03M NaCl	14,7±0,7	16,2±0,7*	16,6±0,5*	14,8±0,5
0,05M NaCl	10,3±0,5*	12,4±0,5	13,0±0,7	10,6±0,4*
<b>Средняя длина гипокотили, см</b>				
Вода	18,4±0,6	19,2±0,5	19,4±0,5	18,5±0,4
0,03M NaCl	14,4±0,4*	17,9±0,4	17,5±0,3	15,7±0,4*
0,05M NaCl	13,1±0,4**	15,8±0,5*	15,5±0,4**	13,5±0,5**

статистически достоверное различие между выборкой и контролем: \* —  $P < 0,05$ ; \*\* —  $P < 0,01$ .



стресса происходит сокращение длины надземной и подземной части проростков ячменя, но если при добавлении экстрактов концентраций 1,25% и 2,5% длина корня возвращается к контрольным значениям, то для гипокотилия подобного явления не фиксируется: снизившись почти на 30% по сравнению с контрольными данными, его длина несколько увеличивается при аллелопатическом воздействии (от 13,1 до 15,5 см), но сохраняет значения, достоверно более низкие по сравнению с исходными.

**Заключение.** Проведенное исследование демонстрирует стимулирующее аллелопатическое действие экстрактов *Polygonum aviculare* L. на всхожесть и ранние стадии онтогенеза ячменя *Hordeum vulgare* L. в условиях *in vitro*, проявляющее обратно пропорциональную зависимость от концентрации экстрактов. Максимальный достоверный положительный эффект наблюдается при концентрациях экстракта, составляющих 1,25% и 2,5%, но дальнейшее увеличение данного показателя до 5% снижает стимулирующее влияние. Возрастание всхожести и энергии прорастания семян наблюдается на уровне 17-20%, средняя сырая масса проростков на седьмые сутки наблюдения увеличивается на 15-20%, а длина корневой системы и гипокотилия — на 12-15%. При дополнительной нагрузке на растения в виде солевого стресса, вызванного воздействием 0,03М и 0,05М растворов NaCl, также проявляется аллелопатическое стимулирующее действие 1,25% и 2,5% экстрактов горца птичьего на онтогене проростков ячменя, заключающееся в возрастании всхожести и энергии прорастания семян на 8-12% по сравнению с контролем при добавлении менее концентрированного раствора хлорида натрия (наблюдался синергетический положительный эффект обоих факторов) и восстановления до контрольных значений при использовании 0,05М раствора. На морфометрические показатели (сырую массу побегов, длину гипокотилия и корневой системы) экстракты горца птичьего также оказывали стимулирующее влияние в пределах 10-12%, но только при минимальных концентрациях (1,25% и 2,5%). Аналогичный эффект наблюдался в эксперименте с прорастанием семян ячменя в почве: экстракты горца птичьего минимальной и средней концентрации также оказывали стимулирующее действие на энергию прорастания семян (для всхожести подобного достоверного влияния выявлено не было), сырую массу проростков и среднюю длину корневой системы, причем как при наличии солевого стресса, так и в его отсутствие. Применение более концентрированного 5,0% экстракта негативным образом сказывалось на всхожести и энергии прорастания семян и не влияло на морфометрические показатели проростков по сравнению с контролем. Данные результаты подтверждают тезис о способности экстрактов растений, обладающих фармакологическими свойствами, оказывать стимулирующее действие на развитие сельскохозяйственных культур и других видов, занимающих сходные экологические ниши, обусловленное мутуалистическими взаимоотношениями между растениями.

**Список источников**

1. Ганусяк А.П., Симагина Н.О., Пищурова В.С. Характеристика аллелопатической активности водорастворимых веществ *Halimione verrucifera* (M. Bieb.) Aellen при термическом воздействии // Ученые записки Крымского

федерального университета им. В.И. Вернадского. 2019. Т. 5 (71). № 4. С. 22-32.

2. Гетманец И.А., Левченко П.В., Мальцева Т.А. Биоморфологический подход к изучению аллелопатического воздействия *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus glabra* Huds. // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2021. № 2 (38). С. 15-26. DOI: 10.32516/2303-9922.2021.38.2.

3. Гомрани С.Д., Чуйкова В.О., Федорин Д.Н., Епринцев А.Т. Регуляция активности пируваткарбоксилазы в листьях ячменя в условиях солевого стресса // Вестник ВГУ, Серия: Химия, биология, фармация. 2015. № 1. С.47-51.

4. Кондратьев М.Н., Ларикина Ю.С. Аллелопатия как механизм взаимодействия между растениями, растениями и насекомыми, растениями и микроорганизмами // Аграрная наука. 2019. № 2. С. 57-61. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-57-61.

5. Лабковская М.В., Куркин В.А., Шмыгарева А.А. Модификация методики количественного определения флавоноидов в траве горца птичьего *Polygonum aviculare* L. // Аспирантский вестник Поволжья. 2024. Т. 24(2). С. 81-85. DOI: 10.35693/AVP626577.

6. Лобач О.К. Аллелопатическая активность осота полевого и пырея ползучего // Защита растений. 2021. № 45 С. 53-60. DOI: 10.47612/0135-3705-2021-45-53-60.

7. Любимова Н.А., Рабинович Г.Ю. Влияние наночастиц оксида цинка на всхожесть и биометрические параметры льна-долгунца // Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. Т. 67. № 3 (399). С. 273-277. DOI: 10.55186/25876740\_2024\_67\_3\_273.

8. Михайлова Н.Н. Влияние биопрепаратов на процесс прорастания семян гороха // Вестник Чувашского ГАУ. 2024. № 2. С. 43-49. DOI: 10.48612/vch/77vu-f9n3-n22v.

9. Неверов А.А., Верещagina А.С. Влияние микроэлементов на формирование проростков ячменя в условиях оптимального и недостаточного увлажнения // Известия НВ АУК. 2022. № 3(67). С. 180-188. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-21.

10. Омарова З.А., Абсалудинова М.Р. Лабораторная диагностика устойчивости сортов ячменя к хлоридному засолению // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т.18. № 2(2). С. 605-608.

11. Панфилов А.Л., Абдрашитов Р.Р. Влияние биоудобрений и осмотического стресса на морфологические показатели проростков ячменя // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С.425-436. DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-425-436.

12. Сачивко Т.В., Блохин А.А., Босак В.Н. Аллелопатические свойства пряно-ароматических и эфирно-масличных растений // Овощеводство. 2021. Т. 9. С. 171-179.

13. Соболева К.А., Кузнецов Д.А., Иванчицы В.В. Влияние ацетата свинца на морфологические характеристики побегов ячменя // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2023. Вып. 3. С. 139-147. DOI: 10.244412/2071-6176-2023-1-139-147.

14. Таскина К.Б., Казнина Н.М., Титов А.Ф. Влияние хлоридного засоления на проростки ячменя // Агрохимия. 2023. № 5. С. 70-76. DOI: 10.31857/S0002188123040129.

15. Хамидова М.Р., Самадова С.Р., Алиева К., Алиева Н.К. Изменения морфо-физиологических параметров и ультраструктуры корня у растений кукурузы (*Zea mays* L.) при солевом стрессе // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. № 3. С. 20-31. DOI: 10.33619/2414-2948/112/02.

16. Четина О.А., Арисова А.К. Динамика показателей развития солевого стресса у овса посевного при разном уровне pH корневой среды // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2022. № 3. С. 3-15. DOI: 10.21685/2307-9150-2022-3-1.

17. Яхновец М.Н., Юрченко Е.О. Оценка биологической активности экстрактов из листьев *Acer negundo* и *Robinia pseudoacacia* на проростках тест-культур // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2023. № 1. С. 20-31. DOI: 10.46646/2521-683X/2023-1-20-31.

18. Cheng F, Cheng Zh. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy // Frontiers of Plant Science. 2015. № 6. P.1-16. DOI: 10.3389/fpls.2015.01020.

19. Goma N, Hassan M, Fahmy G, Gonzalez L, Hamouda O, Atteya A. Allelopathic effects of *Sonchus oler-*

aceus L. on the germination and seedling growth of crop and weed species // Acta Botanica Brasiliica. 2014. № 28(3). P. 408-416. DOI: 10.1590/0102-33062014abb3433.

20. Gupta P. Allelopathic effect of extracts of medicinal plant on mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) *in vitro* conditions // International Journal of Development Research. 2016. V. 6. N. 9. P. 9318-9321.

21. Omer H, Mohammed I. Allelopathic effects of mesquite (*Prosopis juliflora*) aqueous extracts on seed germination and seedling growth of alfalfa, sesame and sorghum // Cell Biology and Development. 2017. V. 1. № 2. P. 51-54. DOI: 10.13057/cellbioldev/t010203.

22. Sitthinoi P., Lertmongkol S., Chanprasert W., Vajodaya S. Allelopathic effects of jungle rice (*Echinochloa colona* (L.) Link) extract on seed germination and seedling growth of rice // Agriculture and Natural Resources. 2017. № 51. P. 74-78. DOI: 10.1016/j.anres.2016.09.004.

**References**

1. Ganusyak A.P., Simagina N.O., Pishchurova V.S. (2019). *Harakteristika allelopaticheskoj aktivnosti vodorastvorimyh veshchestv Halimione verrucifera* (M. Bieb.) Aellen pri termicheskom vozdejstvii [Characteristics of allelopathic activity *Halimione verrucifera* (M.Bieb.) Aellen water-soluble substances under thermal exposure]. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo* [Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University], vol. 5 (71). no. 4. pp. 22-32.

2. Getmanec I.A., Levchenko P.V., Mal'ceva T.A. (2021). *Biomorfologicheskij podhod k izucheniyu allelopaticheskogo vozdejstviya Quercus robur L., Acer platanoides L., Ulmus glabra Huds.* [Biomorphological approach to the study of allelopathic effects of *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus glabra* Huds.]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Vestnik of Orenburg State Pedagogical University], no. 2(38). pp.15-26. DOI: 10.32516/2303-9922.2021.38.2.

3. Ghomrani S.D, Chuikova V.O., Fedorin D.N., Eprincev A.T. (2015). *Regulyaciya aktivnosti piruvatkarboksilazy v list'yah yachmenya v usloviyah solevogo stressa* [Regulation of pyruvate carboxylase activity in barley leaves under salt stress]. *Vestnik VGU, Seriya: Himiya, Biologiya, Farmaciya* [Proceedings of Voronezh State University, Series: Chemistry, Biology, Pharmacy], no. 1. pp. 47-51.

4. Kondrat'ev M.N., Larkova Yu.S. (2019). *Allelopatiya kak mekhanizm vzaimodejstviya mezhdurasteniyami, rasteniyami i nasekomymi, rasteniyami i mikroorganizmami* [Allelopathy as a mechanism of interaction plants and plants, plants and insects, plants and microorganisms]. *Agrarnaya nauka* [Agrarian Science], no. 2. pp. 57-61. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-57-61.

5. Labkovskaya M.V., Kurkin V.A., Shmygareva A.A. (2024). *Modifikaciya metodiki kolichestvennogo opredeleniya flavonoidov v trave gorca ptich'ego Polygonum aviculare L.* [Modification of the method of quantitative determination of flavonoids in the grass of *Polygonum aviculare* L.]. *Aspirantskiy vestnik Povolzh'ya* [Aspirantskiy Vestnik Povolzh'ya], vol. 24(2). pp. 81-85. DOI: 10.35693/AVP626577.

6. Lobach O.K. (2021). *Allelopaticheskaya aktivnost' osota polevogo i pyreya polzuchego* [Allelopathic activity of field thistle and couch grass]. *Zashchita rastenij* [Plant Protection], no. 4. pp. 53-60. DOI: 10.47612/0135-3705-2021-45-53-60.

7. Lyubimova N.A., Rabinovich G.Yu. (2024). *Vliyaniye nanochastits oksida cinka na vskhzhest' i biometricheskie parametry l'na-dolgunca* [Influence of zinc oxide nanoparticles on germination and biometric parameters of flax]. *Mezhdunarodnyj sel'skhozoyajstvennyj zhurnal* [International Agricultural Journal], vol. 67, no. 3 (399), pp. 273-277. DOI: 10.55186/25876740\_2024\_67\_3\_273.

8. Mihailova N.N. (2024). *Vliyaniye biopreparatov na process prorastaniya semyan goroha* [The effect of biologicals on the process of germination of pea seeds]. *Vestnik Chuvashskogo GAU* [Vestnik Chuvash SAU], no. 2. pp. 43-49. DOI: 10.48612/vch/77vu-f9n3-n22v.

9. Neverov A.A., Vereshchagina A.S. (2022). *Vliyaniye mikroelementov na formirovaniye prorostkov yachmenya v usloviyah optimal'nogo i nedostatochnogo uvlazhneniya* [The influence of microelements on the formation of barley seeds in conditions of optimal and insufficient moisture]. *Izvestiya NV AUK* [Proc. of the Volga Agro-University Complex], no. 3(67). pp. 180-188. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-21.





10. Omarova Z.A., Absaludinova M.R. (2016). *Laboratornaya diagnostika ustojchivosti sortov yachmenya k hloridnomu zasoleniyu* [Laboratory diagnostics of barley grade resistance to chloride salinization]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Science], vol. 18. no. 2(2), pp. 605-608.

11. Panfilov A.L., Abdrashitov R.R. (2022). *Vliyanie bioudobrenij i osmoticheskogo stressa na morfologicheskie pokazateli proroستkov yachmenya* [Effect of biofertilizers and osmotic stress on morphological parameters of spring barley seedlings]. *Vestnik RUJDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries], vol. 17. no. 4. pp. 425-436. DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-425-436.

12. Sachivko T.V., Blohin A.A., Bosak V.N. (2021). *Allelopaticheskie svojstva pryano-aromaticheskikh i efirnomaslichnykh rastenij* [Allelopathic properties of aromatic and essential oil plants]. *Ovoshchevodstvo* [Vegetable Growing], vol. 9. pp. 171-179.

13. Soboleva K.A., Kuznecov D.A., Ivanishchev V.V. (2023). *Vliyanie acetata svinc na morfologicheskie harakteristiki pobegov yachmenya* [Influence of lead acetate on morphological characteristics of barley shoots]. *Izvestiya TulGU. Estestvennyye nauki* [Bulletin of Tula State University. Natural Sciences], issue 3. pp. 139-147. DOI: 10.244412/2071-6176-2023-1-139-147.

14. Taskina K.B., Kaznina N.M., Titov A.F. (2023). *Vliyanie hloridnogo zasoleniya na proroستki yachmenya* [Effect of chloride salinization on barley seedlings]. *Agrohimiya* [Agricultural Chemistry] no. 5. pp. 70-76. DOI: 10.31857/S0002188123040129.

15. Hamidova M.R., Samadova S.R., Alieva K., Alieva N.K. (2025). *Izmeneniya morfo-fiziologicheskikh parametrov i ul'trastruktury kornya u rastenij kukuruzy (Zea mays L.) pri solevom stresse* [Salt induced changes in morpho-physiological parameters and ultrastructure of roots in maize plants]. *Byulleten' nauki i praktiki* [Bulletin of Science and Practice], vol. 11. no. 3. pp. 20-31. DOI: 10.33619/2414-2948/112/02.

16. Chetina O.A., Arisova A.K. (2022). *Dinamika pokazatelej razvitiya solevogo stressa u ovsy posevnogo pri raznom urovne pH kornevoj sredy* [Dynamics of salt stress parameters in cultivated oat with different pH levels of root environment]. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Estestvennyye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences], no. 3. pp. 3-15. DOI: 10.21685/2307-9150-2022-3-1.

17. Yahnovec M.N., Yurchenko E.O. (2023). *Ocenka biologicheskoy aktivnosti ekstraktov iz list'ev Acer negundo i Robinia pseudoacacia na proroстkah test-kul'tur* [Evaluation of the biological activity of the extracts from *Acer negundo* and *Robinia pseudoacacia* leaves on germination seeds of test cultures]. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstven-*

*nogo universiteta. Ekologiya* [Journal of the Belarusian State University. Ecology], no. 1, pp. 20-31. DOI: 10.46646/2521-683X/2023-1-20-31.

18. Cheng F., Cheng Zh. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers of Plant Science*, no. 6. pp. 1-16. DOI: 10.3389/fpls.2015.01020.

19. Goma N., Hassan M., Fahmy G., Gonzalez L., Ham-mouda O. & Atteya A. (2014). Allelopathic effects of *Sonchus oleraceus* L. on the germination and seedling growth of crop and weed species. *Acta Botanica Brasilia*, no. 28(3), pp. 408-416. DOI: 10.1590/0102-33062014abb3433.

20. Gupta P. (2016). Allelopathic effect of extracts of medicinal plant on mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) *in vitro* conditions. *International Journal of Development Research*, vol. 6, no. 9. pp. 9318-9321.

21. Omer H., Mohammed I. (2017) Allelopathic effects of mesquite (*Prosopis juliflora*) aqueous extracts on seeds germination and seedling growth of alfalfa, sesame and sorghum. *Cell Biology and Development*, vol. 1, no. 2. pp. 51-54. DOI: 10.13057/cellbioldev/t010203.

22. Sitthinoi P., Lertmongkol S., Chanprasert W. & Vajodaya S. (2017). Allelopathic effects of jungle rice (*Echinochloa colona* (L.) Link) extract on seed germination and seedling growth of rice. *Agriculture and Natural Resources*, no. 51, pp. 74-78. DOI: 10.1016/j.anres.2016.09.004.

#### Информация об авторе:

**Гордеева Ирина Викторовна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры физики и химии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5684-1309>, SPIN-код: 8883-3440 ivgord@mail.ru

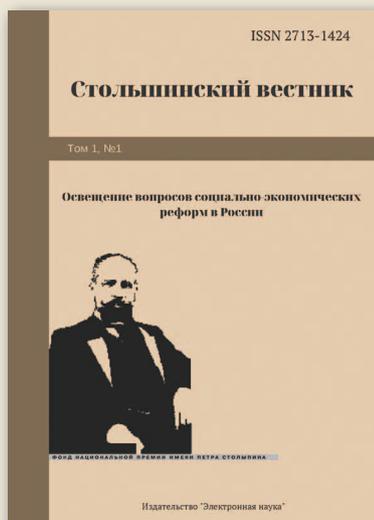
#### Information about the author:

**Irina V. Gordeeva**, candidate of biological sciences, associate professor of physics and chemistry department, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5684-1309>, SPIN-code: 8883-3440 ivgord@mail.ru

✉ [ivgord@mail.ru](mailto:ivgord@mail.ru)

**Издательство «Электронная наука»** выпускает научные журналы на русском и английском языках. Нам доверяют авторы по всему миру. Количество наших читателей, в том числе и в Интернете, более **55 тысяч** человек ежемесячно.

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭЛЕКТРОННАЯ НАУКА»



#### Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник»

- Издается при поддержке **Государственного университета по землеустройству** и **Фонда национальной премии имени П.А.Столыпина**.
- Журнал освещает опыт и актуальные вопросы социально-экономических реформ в России.
- Цитируется в РИНЦ И КиберЛенинка.

Контакты: <https://stolypinvestnik.ru>,  
[stolypin\\_vestnik@mail.ru](mailto:stolypin_vestnik@mail.ru)

#### Наши партнеры:

