



Научная статья
УДК 581.524.1+581.142
doi: 10.55186/25876740_2026_69_6_885

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКСТРАКТОВ ГОРЦА ПТИЧЬЕГО *POLYGONUM AVICULARE* L. НА РАЗВИТИЕ МИКРОЗЕЛЕНИ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР

И.В. Гордеева

Уральский государственный экономический университет,
Екатеринбург, Россия

Аннотация. Статья посвящена изучению влияния экстрактов горца птичьего *Polygonum aviculare* L. различных концентраций (1,25%, 2,5% и 5,0%) на развитие микрозелени четырех злаковых культур: ячменя обыкновенного *Hordeum vulgare* L., пшеницы мягкой *Triticum aestivum* L., ржи посевной *Secale cereale* L. и овса посевного *Avena sativa* L. Культивирование микрозелени осуществлялось в фитотроне на почвенном грунте на протяжении 7 суток. У экспериментальных культур оценивались энергия прорастания и всхожесть, морфометрические параметры — средняя масса и высота побегов, а также содержание аскорбиновой кислоты в листовой массе. Показано, что реакция микрозелени различных культур носит видоспецифический характер и в меньшей степени зависит от концентрации экстрактов. У всех видов культур наблюдается возрастание массы и длины побегов при добавлении 1,25%-го экстракта *Polygonum aviculare*, но при дальнейшем увеличении концентрации последнего у микрозелени ржи посевной достоверного увеличения массы побегов не наблюдается, в то время как у всех остальных культур фиксируется однозначная положительная корреляция между данными параметрами (максимальное увеличение массы и высоты составляет 15-18%). В отношении всхожести и энергии прорастания семян подобного однозначного позитивного эффекта выявлено не было: в большинстве случаев данные показатели достоверно не отличались от контрольных значений. Исследование влияния экстрактов горца птичьего на содержание аскорбиновой кислоты в экспериментальных культурах демонстрирует положительный эффект данного компонента на биохимические процессы в организме молодых растений, показатели содержания данного вещества возрастают на 5-12% (в зависимости от видовой принадлежности микрозелени) по мере увеличения концентрации метаболитов *Polygonum aviculare*. Результаты эксперимента показывают, что экстракты растений, обладающие выраженными аллелопатическими свойствами, могут использоваться в качестве биостимуляторов развития некоторых видов микрозелени.

Ключевые слова: *Polygonum aviculare* L., *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L., *Avena sativa* L., микрозелень, морфометрические параметры, развитие микрозелени, всхожесть семян, содержание аскорбиновой кислоты

Original article

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF *POLYGONUM AVICULARE* L. EXTRACTS ON THE DEVELOPMENT OF MICROGREENS IN CEREAL CROPS

I.V. Gordeeva

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

Abstract. This article is devoted to study the effects of *Polygonum aviculare* L. (bird's knotweed) extracts at various concentrations (1.25%, 2.5% and 5.0%) on the development of microgreens in four cereal crops: common barley *Hordeum vulgare* L., soft wheat *Triticum aestivum* L., common rye *Secale cereale* L., and common oat *Avena sativa* L. Microgreens were grown in a phytotron on soil for 7 days. Germination energy and vigor, as well as morphometric parameters (average shoot weight and height), and ascorbic acid content in leaf mass were assessed for the experimental crops. The response of microgreens from various crops was shown to be species-specific and to a lesser extent dependent on extract concentrations. All crop species showed an increase in shoot weight and length with the addition of a 1.25% *Polygonum aviculare* extract. However, with further increases in the concentration of the extract, no significant increase in shoot weight was observed in rye microgreens, while a clear positive correlation between these parameters was observed for all other crops (the maximum increase in weight and height was 15-18%). No such clear positive effect was observed for seed germination and vigor: in most cases, these parameters did not differ significantly from the control values. A study of the effect of knotweed extracts on ascorbic acid content in experimental cultures demonstrates a positive effect of this component on biochemical processes in young plants; the content of this substance increases by 5-12% (depending on the microgreen species) as the concentration of *Polygonum aviculare* metabolites increases. The results of the experiment show that plant extracts with pronounced allelopathic properties can be used as biostimulants for the development of certain types of microgreens.

Keywords: *Polygonum aviculare* L., *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L., *Avena sativa* L., microgreens, morphometric parameters, microgreen development, seed germination, ascorbic acid content

Введение. Одной из задач современного сельского хозяйства и пищевой промышленности является поиск инновационных продуктов, способных в полной мере обеспечить жизненно необходимыми нутриентами население планеты в условиях ограниченности природных ресурсов. Поскольку почвенное плодородие, являющееся одним из главных факторов успешного развития земледелия, в большинстве государств демонстрирует отчетливую тенденцию к ухудшению, а повышение урожайности достигается, главным образом, за счет интенсивного использования минеральных удобрений и активной

обработки сельскохозяйственных угодий разнообразными пестицидами, то подобную практику невозможно отнести к «экологически дружественным», так как при этом перманентно возрастает дополнительная негативная нагрузка на природные экосистемы и биосферу в целом. В данных условиях усиливается интерес специалистов к поиску инновационных технологий выращивания сельскохозяйственных культур, способных обеспечить потребителей качественной и безопасной продукцией, производством которой не усиливало бы антропогенный прессинг на земельные ресурсы.

Одним из примеров подобных источников пищевой продукции является микрозелень — относительно новый класс дополнительных функциональных продуктов питания, представляющих собой молодые побеги овощных, зерновых, бобовых и других культур, богатые микро- и макроэлементами и разнообразными биоактивными компонентами; микрозелень, в отличие от традиционной сельхозпродукции, как правило, срезают на 7-14-е сутки после прорастания [1].

В последние десятилетия в российской и зарубежной литературе было опубликовано



большое количество работ, посвященных исследованию качества и биохимического состава различных видов микрозелени, а также перспективам дальнейшего развития данной отрасли сельского хозяйства [2, 3]. Отмечается, что наряду с пространственными (выращивание данных культур не требует больших посевных площадей) и временными преимуществами культивирование микрозелени способно предложить потребителю экологически безопасную (без использования пестицидов) и ценную в пищевом отношении дополнительную продукцию, содержащую в своем составе аскорбиновую кислоту, филлохинон, α -токоферол, β -каротин, антоцианы, хлорофилл, фенольные антиоксиданты и целый ряд других ценных биологически активных соединений в концентрациях, превышающих аналогичные показатели для зрелых растений аналогичного вида [4].

Все это позволяет рекомендовать продукцию с использованием микрозелени в качестве элементов диетического питания, в том числе с профилактическими целями, так как существуют данные об антиканцерогенном и антидиабетическом действии многих биологически активных соединений, присутствующих в составе данных культур [5, 6].

На выращивание микрозелени, так же, как и любой сельскохозяйственной культуры, оказывает влияние целый ряд факторов, определяющих урожайность и качество продукции. В частности, по утверждению Н.Н. Лебедевой и Н.Л. Девочкиной, всхожесть и урожайность микрозелени во многом определяется плотностью посева, продолжительностью освещения и длиной электромагнитных волн, обеспечивающих эффективность фотосинтеза, температурой, при которой осуществляется культивирование, и влажностью субстрата [7].

Кроме того, положительный эффект от выращивания микрозелени может быть усилен в результате введения в питательную среду дополнительных биостимуляторов, таких как янтарная кислота, гуamat аммония и других, которые способны не только повышать всхожесть и скорость роста растений, но и интенсифицировать дополнительный синтез хлорофилла, каротиноидов и аскорбиновой кислоты в молодых побегах [8, 9].

Помимо стандартных биостимуляторов, производимых в промышленных условиях, внимание исследователей в последние годы стала привлекать возможность использования для аналогичных целей метаболитов, имеющих природное происхождение [10]. В частности, существуют многообещающие данные о положительном воздействии на развитие некоторых культур микрозелени экстрактов водорослей, обладающих выраженным аллелопатическим воздействием [11, 12]. Поскольку явление аллелопатии, проявляющейся в воздействии метаболитов, вырабатываемых различными видами растений и микроорганизмов, на представителей других видов, достаточно широко распространено в природе и проявляется не только в негативном влиянии — угнетении развития конкурентов, но и в демонстрации взаимовыгодного мутуалистического эффекта, то представляет интерес изучение воздействия экстрактов эврибионтных видов на развитие микрозелени культур, характеризующихся широким спектром толерантности к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Цель работы — исследование влияния экстрактов горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.) — растения, вырабатывающего метаболиты, обладающие аллелопатическим эффектом, на формирование и развитие микрозелени четырех злаковых культур: ячменя обыкновенного *Hordeum vulgare* L. сорта Рубеж, пшеницы мягкой *Triticum aestivum* L. сорта Аквилон, ржи посевной *Secale cereale* L. сорта Валдай и овса посевного *Avena sativa* L. сорта Тюменский голозерный. Все данные виды культур широко используются для получения микрозелени как в промышленных масштабах, так и в домашних условиях [5]. У всех образцов оценивалась энергия прорастания и всхожесть семян, морфометрические параметры — масса и высота побегов, а также определялся уровень содержания аскорбиновой кислоты (витамина С) в листовой части растений.

Объект и методы исследования. Экспериментальная часть работы была проведена в течение июня-августа 2024 г. на базе лаборатории кафедры физики и химии Уральского государственного экономического университета. Листовая часть растений горца птичьего *Polygonum aviculare* была собрана в летний период в предгорье северной части Свердловской области, где отсутствует крупномасштабная промышленная и транспортная деятельность. В дальнейшем заготовленный материал подвергался стандартному воздушно-сухому просушиванию и растирался в фарфоровой емкости с целью разрушения клеточных оболочек и извлечения содержимого цитоплазмы при добавлении дистиллированной воды в соотношении 1:20. После этого подготовленную смесь кипятили и настаивали на протяжении 2 часов при температуре 23–24°C, а затем фильтровали и охлаждали в течение суток при температуре 6–8°C. Непосредственно перед проведением исследования водный экстракт последовательно разводили дистиллированной кипяченой водой в соотношениях 1:20 (5,0%), 1:40 (2,5%) и 1:80 (1,25%).

Проращивание микрозелени всех видов злаковых культур осуществлялось в фитотроне модели ИСР-01, конструкция которого дает возможность управления температурным и световым режимом, а также внесения дополнительных компонентов в субстрат, при продолжительности фотопериода 16 часов и температурном режиме 22–24°C в течение 7 суток — до появления настоящих семядольных листьев.

Плотность посева составляла 6 зерен на один стандартный контейнер. В качестве субстрата использовали универсальный почвенный грунт на основе торфа с добавлением речного песка и известковой муки (pH=5,6–7,2). Перед этим семена предварительно замачивали в профильтрованной воде в течение 10 часов. При проращивании каждые сутки в субстрат каждого контейнера добавляли по 10 мл экстракта *Polygonum aviculare* заданной концентрации. В качестве контроля использовали семена растений, проращиваемых при поливе дистиллированной водой. Энергия прорастания семян оценивалась на пятые сутки эксперимента, а всхожесть — на седьмые, согласно стандартной методике, на основании процента успешно взошедших растений. После семи суток проращивания надземную часть растений срезали и определяли среднюю сырую массу и высоту побегов.

У зрелой микрозелени определяли содержание аскорбиновой кислоты — один из важных

показателей физиологического развития и пищевой ценности растительной биомассы. Оценка содержания витамина С производилась по методике, описанной A.S. Dhaka et al., путем мацерации клеточного содержимого 5%-й охлажденной метафосфорной кислотой в соотношении 1:10 с дальнейшим центрифугированием, фильтрованием и проведением аскорбинового теста реакционной смеси с 2,6-дихлорфенолом и 2,4-динитрофенилгидразином [13].

Полученные результаты обрабатывали с использованием программ LibreOffice Calc 6.4 и Statistica 8.0, по каждой из выборок оценивали средние арифметические значения исследуемых показателей; достоверность различий между экспериментальными выборками и контролем определяли на основании критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Проведенное исследование в шести повторностях показало, что эффект от воздействия экстрактов горца птичьего на развитие микрозелени неоднозначен и зависит не только от концентрации экстракта, но и видовой принадлежности конкретной культуры. В таблице 1 представлены данные оценки энергии прорастания, всхожести семян, а также средней биомассы и высоты растений пшеницы мягкой после 7 суток проращивания. Кроме того, как отмечалось ранее, у объектов исследования определяли содержание аскорбиновой кислоты в листовой массе. Возраст культуры микрозелени для оценки последнего показателя был выбран на основании литературных данных о максимальном содержании витамина С в побегах молодых растений, относящихся к семействам *Brassicaceae* и *Poaceae*, именно на данном онтогенезе, после чего концентрация данного вещества постепенно начинает снижаться, что может коррелировать с активным ростом, сопровождающимся интенсивным делением клеток [14, 15].

Анализ данных эксперимента, отраженных в таблице 1, показывает, что на энергию прорастания и всхожесть семян *Triticum aestivum* L. экстракт горца птичьего оказывает влияние, определяемое концентрацией последнего: если минимальная концентрация (1,25%) при добавлении экстракта вызывает достоверный стимулирующий эффект ($P<0,05$), обеспечивая увеличение обоих показателей почти на 10% по сравнению с контрольным испытанием, то дальнейшее возрастание концентрации водного раствора горца птичьего уже не демонстрирует подобного положительного результата.

При добавлении в субстрат экстракта *Polygonum aviculare* удвоенной концентрации (2,5%) дальнейшего увеличения показателей средней энергии прорастания и всхожести микрозелени не происходит (даже можно отметить некоторое уменьшение абсолютных значений по сравнению с предыдущим экспериментом), а последующее удвоение концентрации экстракта приводит к снижению данных величин практически до исходных контрольных значений.

Подобные результаты согласуются с данными, представленными в ряде литературных источников, где отмечается, что любой фактор, оказывающий стимулирующее влияние на развитие микрозелени, безотносительно от его физической или химической природы, необходимо подбирать в оптимальной дозе, так как превышение последней, как правило, приводит к угнетенному состоянию выращиваемых культур [7, 10].



Аналогичную картину можно наблюдать и при анализе уровня содержания в проростках микрорезелени аскорбиновой кислоты — одного из наиболее ценных биологически активных веществ, играющих значительную роль не только в обеспечении успешного протекания физиологических процессов в организме растения, но и способствующих перенесению последним разнообразных стрессов. Как следует из данных таблицы 1, уровень содержания аскорбиновой кислоты в микрорезелени пшеницы достоверно повышается по сравнению с контрольными показателями при добавлении в культуру 1,25%-го экстракта горца птичьего, но при дальнейшем возрастании концентрации метаболитов уровень витамина С постепенно начинает снижаться, демонстрируя тем самым обратную пропорциональную зависимость между обоими показателями, что подтверждает тезис о высокой чувствительности биохимических процессов синтеза аскорбиновой кислоты у ряда культур микрорезелени к воздействию любых внешних факторов, включая уровень и продолжительность освещения, температурный режим и внесение биокорректоров [9, 10]

Что касается последствий воздействия экстрактов *Polygonum aviculare* на морфометрические параметры микрорезелени пшеницы мягкой (среднюю массу и высоту растений), то в данном случае можно наблюдать совершенно иную картину: между концентрацией экстракта и значениями обоих этих показателей фиксируется прямо пропорциональная зависимость: постепенное увеличение концентрации водного раствора горца птичьего положительным образом коррелирует с величиной побегов микрорезелени (возрастание массы и высоты микрорезелени при введении в культуру 5%-го раствора *Polygonum aviculare* составляет около 30% по сравнению с контрольными значениями).

Аналогичный эффект, наблюдаемый Т.Г. Шибановой и др. при изучении влияния экстракта *Laminaria digitata* на микрорезелень рапшины объяснялся стимулирующим эффектом аллелопатических соединений на биосинтез хло-

рофиллов, что, в свою очередь, обеспечивает усиленное образование углеводов и, в конечном итоге, ускоряет развитие молодых растений [12]. Подобное предположение требует дальнейшего анализа применительно к исследуемым злаковым культурам.

Анализ результатов исследования развития микрорезелени ржи посевной *Secale cereale* L. при воздействии экстрактов горца птичьего демонстрирует картину, во многом аналогичную эксперименту с пшеницей мягкой: минимальная концентрация метаболитов водного раствора оказывает стимулирующий эффект на значения всех изученных показателей, кроме всхожести и средней массы побегов, величины которых не продемонстрировали достоверных отличий от контрольных данных во всех экспериментах (табл. 2). Однако в дальнейшем, в отличие от предыдущей культуры, энергия прорастания семян остается на высоком относительно контрольных показателей уровне при всех значениях концентрации экстракта *Polygonum aviculare*, в то время как средняя высота растений после достижения максимальных значений при концентрации экстракта горца птичьего 2,5% начинает постепенно снижаться. Данные, приведенные в таблице 2, показывают, что параллельно уменьшается и содержание аскорбиновой кислоты в тканях растений.

Таким образом, применительно к микрорезелени ржи посевной можно отметить, что в целом данная культура отличается меньшей чувствительностью к воздействию метаболитов *Polygonum aviculare*, причем как с точки зрения стимулирующего, так и подавляющего онтогенез эффекта. Можно предположить, что наблюдаемая закономерность определяется более высокой, в целом, толерантностью растений ржи посевной к воздействию экстремальных факторов.

Оценка исследуемых показателей у микрорезелени ячменя обыкновенного (табл. 3) и овса посевного (табл. 4) продемонстрировала во многом схожий эффект относительно воздействия на всхожесть семян: добавление в культуру экстракта *Polygonum aviculare* не оказывало достоверного влияния на данный параметр

развития, имевший изначально достаточно высокие значения. В то же время энергия прорастания микрорезелени *Avena sativa* L. достоверно повышалась, начиная с добавления экстракта в минимальных концентрациях, и данный тренд сохранялся при всех значениях концентрации раствора, демонстрируя, тем самым, стимулирующее влияние метаболитов горца птичьего на этот показатель.

Что касается последствий воздействия экстрактов горца птичьего на морфометрические параметры развития микрорезелени данных культур, то у ячменя обыкновенного была зафиксирована отчетливая прямо пропорциональная зависимость между средними значениями массы и высоты побегов, с одной стороны, и концентрацией экстракта — с другой. Однозначная корреляция «доза-эффект» может быть обусловлена существованием мутуалистического взаимодействия между обоими видами эврибионтных растений.

В отношении развития микрорезелени овса посевного тренд подобной зависимости проявлялся менее отчетливо: достоверное увеличение показателей массы и высоты растений по сравнению с контрольными наблюдалось только при минимальной (1,25%) и средней (2,5%) концентрациях экстракта *Polygonum aviculare*; при внесении в культуру метаболитов этого растения в максимальной концентрации (5,0%) дальнейшего возрастания обоих показателей не фиксировалось.

Концентрация аскорбиновой кислоты в микрорезелени ячменя обыкновенного и овса посевного под влиянием экстрактов горца птичьего у обеих культур микрорезелени достоверно повышалась по сравнению с контрольными показателями, особенно отчетливо подобная тенденция фиксировалась у *Avena sativa* L., в то время как у проростков *Hordeum vulgare* L. возрастание содержания данного биологически активного соединения прослеживалось только до внесения экстракта в средней концентрации; ее дальнейшее увеличение продемонстрировало даже некоторое снижение данного показателя, хотя значения последнего по-прежнему превышали контрольные.

Таблица 1. Влияние экстракта *Polygonum aviculare* L. на развитие микрорезелени пшеницы мягкой *Triticum aestivum* L.
Table 1. The effect of *Polygonum aviculare* extract on development of *Triticum aestivum* L. wheat microgreens

Показатель развития	Концентрация экстракта <i>Polygonum aviculare</i> , %			
	0 (контроль)	1,25	2,5	5,0
Энергия прорастания, %	75,3±2,4	85,3±3,1**	83,2±2,6*	76,2±3,5
Всхожесть, %	83,5±2,1	94,2±2,5*	90,6±1,8*	86,2±1,3
Средняя масса, мг	116,3±3,4	122,8±3,3	126,5±2,8*	142,4±3,6*
Средняя высота растений, см	7,8±0,2	9,2±0,2*	11,8±0,3**	12,1±0,4**
Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г	6,82±0,13	7,52±0,16*	7,12±0,14	7,02±0,12

Статистически достоверное различие между выборкой и контролем: *P<0,05; **P<0,01

Таблица 2. Влияние экстракта *Polygonum aviculare* L. на развитие микрорезелени ржи посевной *Secale cereale* L.
Table 2. The effect of *Polygonum aviculare* extract on development of rye *Secale cereale* L. microgreens

Показатель развития	Концентрация экстракта <i>Polygonum aviculare</i> , %			
	0 (контроль)	1,25	2,5	5,0
Энергия прорастания, %	76,2±2,8	83,2±2,1*	85,4±2,2*	86,2±3,0*
Всхожесть, %	89,5±1,8	92,2±2,1	90,2±1,9	88,2±1,4
Средняя масса, мг	132,7±3,8	129,8±3,1	129,5±2,8	133,1±3,2
Средняя высота растений, см	7,4±0,2	8,9±0,2*	11,0±0,3**	9,6±0,3**
Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г	5,72±0,12	6,64±0,14*	6,52±0,12*	6,03±0,13*

Статистически достоверное различие между выборкой и контролем: *P<0,05; **P<0,01





Таблица 3. Влияние экстракта *Polygonum aviculare* L. на развитие микрорезели ячменя обыкновенного *Hordeum vulgare* L.
Table 3. The effect of *Polygonum aviculare* extract on development of barley *Hordeum vulgare* L. microgreens

Показатель развития	Концентрация экстракта <i>Polygonum aviculare</i> , %			
	0 (контроль)	1,25	2,5	5,0
Энергия прорастания, %	86,2±2,9	89,2±3,1	88,4±2,3	89,3±2,4
Всхожесть, %	92,5±1,3	94,2±1,5	95,2±1,7	93,5±1,4
Средняя масса, мг	110,7±3,2	120,9±3,0*	143,1±3,8**	149,6±3,4**
Средняя высота растений, см	7,1±0,2	9,9±0,3*	12,1±0,3**	12,6±0,3**
Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г	6,54±0,15	7,42 ±0,13*	7,51 ±0,11*	6,86 ±0,12*

Статистически достоверное различие между выборкой и контролем: *P<0,05; **P<0,01

Таблица 4. Влияние экстракта *Polygonum aviculare* L. на развитие микрорезели овса посевного *Avena sativa* L.
Table 4. The effect of *Polygonum aviculare* extract on development of common oat *Avena sativa* L. microgreens

Показатель развития	Концентрация экстракта <i>Polygonum aviculare</i> , %			
	0 (контроль)	1,25	2,5	5,0
Энергия прорастания, %	78,3±2,1	85,4±2,0*	86,7±1,7*	84,2±1,8*
Всхожесть, %	90,5±1,4	94,2±1,5	95,2±1,3	89,2±1,2
Средняя масса, мг	145,4±3,2	146,2±2,1	160,8±2,3*	161,6±3,1*
Средняя высота растений, см	8,9±0,2	10,8±0,2*	11,7±0,2*	10,6±0,3*
Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г	8,43 ±0,11	8,94 ±0,13*	9,12±0,12*	9,23±0,12*

Статистически достоверное различие между выборкой и контролем: *P<0,05; **P<0,01

Отсутствие однозначного эффекта в отношении исследованных морфометрических и биохимических показателей развития в результате воздействия на культуры микрорезели различных видов злаковых культур экстрактами *Polygonum aviculare* может свидетельствовать о видоспецифической реакции растений на влияние одних и тех же факторов, что отмечалось рядом исследователей [15, 16]. В целом, можно отметить, что наибольшую чувствительность в отношении всхожести и скорости формирования побегов продемонстрировала микрорезель пшеницы мягкой, для которой метаболиты, присутствующие в водных экстрактах горца птичьего послужили биостимуляторами развития. В то же время у проростков овса посевного воздействие данного фактора способствовало наибольшему синтезу аскорбиновой кислоты, что свидетельствует о высокой ценности данной культуры с точки зрения потребительских свойств.

Заключение. Результаты проведенного исследования демонстрируют наличие видоспецифической реакции экспериментальных культур микрорезели *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L. *Avena sativa* L. на метаболитические компоненты, содержащиеся в водном экстракте *Polygonum aviculare* L., хотя в целом можно отметить наличие положительного эффекта от воздействия минимальной концентрации последнего (1,25%) на морфометрические параметры растений (массу и высоту побегов), выращиваемых в фитотроне ИСР-01, в течение первых 7 суток культивирования. В то же время при дальнейшем повышении концентрации экстракта до 2,5% и 5,0% у микрорезели ржи посевной значения данных параметров демонстрируют постепенную тенденцию к снижению, в то время как у проростков ячменя обыкновенного, пшеницы мягкой и овса посевного была зафиксирована однозначная прямо пропорциональная зависимость значений средней биомассы и высоты побегов от концентрации экстракта. Возрастание массы микрорезели и по сравнению с контрольными значениями составляло от 10-12% у пшеницы мягкой и овса посевного до 15-18% у ячменя обыкновенного, что

однозначно свидетельствует о биостимулирующем эффекте экстракта *Polygonum aviculare* на развитие данных культур.

В то же время в отношении всхожести и энергии прорастания семян подобного однозначного позитивного эффекта выявлено не было, за исключением овса посевного; в большинстве случаев либо не наблюдалось достоверных различий по этим показателям между контрольными и экспериментальными выборками, либо, как в случае оценки влияния экстракта на ранние стадии онтогенеза *Triticum aestivum* L., фиксировалось достоверное увеличение энергии прорастания только при внесении в культуру экстракта минимальной и средней концентрации (1,25% и 2,5% соответственно), в то время как дальнейшее возрастание последней способствовало тому, что значения этого показателя снижались до исходных, зафиксированных в контрольной выборке. Полученные результаты согласуются с литературными данными о зависимости скорости развития микрорезели от дозы внешнего фактора, безотносительно от его природы [7, 8].

Исследование влияния экстрактов горца птичьего на содержание аскорбиновой кислоты в экспериментальных культурах продемонстрировало положительный эффект данного компонента на биохимические процессы в организме молодых растений, причем показатели содержания данного вещества возрастали на 5-12% по мере увеличения концентрации метаболитов *Polygonum aviculare*. Видоспецифичность культур в отношении воздействия данного фактора проявилась в степени восприимчивости к действию последнего: наиболее интенсивно эффект проявился у микрорезели овса посевного и ячменя обыкновенного (возрастание концентрации аскорбиновой кислоты достигало 15%), в то время как у пшеницы мягкой концентрация витамина С в микрорезели фиксировалась только при использовании 1,25%-го экстракта горца птичьего.

В целом, результаты проведенного эксперимента показывают, что экстракты растений, обладающих выраженными аллелопатическими свойствами, могут использоваться в качестве

природных биостимуляторов развития некоторых видов микрорезели, что согласуется с литературными данными [11, 12]. В то же время требуются дальнейшие исследования для оценки последствий воздействия метаболитов эврибионтных видов на ранние стадии онтогенеза конкретных культурных растений, а также синтез последними биологически активных веществ, представляющих питательную ценность для потребителей.

Список источников

1. Kashyap, Ch.K., Kumar, S., Sharma, Sh. (2026). Wheat microgreens for global food security: novel interventions for sustainable production and functional enrichment. *Plant Science*, no. 371, p. 113331. doi: 10.1016/j.plantsci.2026.113331
2. Lone, J.R., Pandey, R., Gayacharan (2024). Microgreens on the rise: expanding our horizons from farm to fork. *Heliyon*, no. 10, e25870. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e25870
3. Mishra, N., Singh, Sh., Mishra, N. et al. (2026). A review of emerging trends and future perspective on microgreens as a novel functional food. *Novel Techniques in Nutrition and Food Science*, no. 9 (1), pp. 947-958. doi: 10.31031/NTF.2026.09.000702
4. Mahinder, P., Diksha, Sh., Deekshith, H.N. et al. (2023). Microgreen: a tiny plant with superfood potential. *Journal of Functional Foods*, no. 107, 105697. doi: 10.1016/j.iff.2023.105697
5. Dubey, Sh., Harbourne, N., Harty, M., et al. (2024). Microgreens production: exploiting environmental and cultural factors for enhanced agronomical benefits. *Plants*, no. 13, 2631. doi: 10.3390/plants13182631
6. Turner, E.R., Luo, Y., Buchanan, R.L. (2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: a review. *Journal of Food Science*, vol. 85, no. 4, pp. 870-882. doi: 10.1111/1750-3841.15049
7. Лебедева Н.Н., Девочкина Н.Л. Способы стимулирования прорастания семян при выращивании микрорезели // Картофель и овощи. 2023. № 5. С. 29-32. doi: 10.25630/PAV.2023.70.33.004
8. Кривошеев С.И., Логвинова Е.В., Емельянова А.А., Шумаков В.А. Влияние различной концентрации ростостимуляторов на интенсивность начального роста яровой мягкой пшеницы // Международный сельскохозяйственный журнал. 2026. Т. 69. № 2 (411). С. 233-236. doi: 10.55186/25876740_2026_69_2_233
9. Елисеева Л.Г., Осман А., Молодкина Н.Г., Белкин Ю.Д., Сантурия Т.А. Влияние биотехнологии производства микрорезели в фитотронах городского типа на содержание функциональных ингредиентов, повышающих адаптивный иммунитет // Известия высших учеб-



ных заведений. Пищевая технология. 2022. № 5. С. 28-31. doi: 10.26297/0579-3009.2022.5.6

10. Лоскутов С.И., Пухальский Я.В., Якубовская А.И., Каменева И.А. Влияние режима питания на антиоксидантную активность микрозелени базилика // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25. № 02. С. 264-277. doi: 10.32417/1997-4868-2025-25-02-264-277

11. Drygaś, B., Depciuch, J., Puchalski, C. (2021). Effect of *Ascophyllum nodosum* alga application on microgreens, yield, and yield components in oats *Avena sativa* L. *Agronomy*, no. 11, p. 1446. doi: 10.3390/agronomy11071446

12. Шибеева Т.Г., Шерудило Е.Г., Рубаева А.А., Левкин И.А., Титов А.Ф. Влияние экстракта *Laminaria digitata* из Белового моря на продуктивность и пищевую ценность микрозелени рапины // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2026. № 1. С. 119-128. doi: 10.17076/eco2283

13. Dhaka, A.S., Mishra, G.P., Tontang, M.T. et al. (2023). Evaluation of growth conditions, antioxidant potential, and sensory attributes of six diverse microgreens species. *Agriculture*, no. 13, p. 676. doi: 10.3390/agriculture13030676

14. Шаклеина М.Н., Алалыкин А.А., Соловьева М.С. Оценка содержания витаминов в микрозелени нескольких видов культурных растений // Химия растительного сырья. 2022. № 2. С. 165-172. doi: 10.14258/jcprm.2022029988

15. Надточий Л.А., Кузнецова Д.В., Мурадова М.Б., Проскура А.В. Сравнительный анализ пищевой ценности семян, ростков и микрозелени растений *Linum usitatissimum* L. и *Salvia hispanica* L. // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 27-34. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.006

16. Niroula, A., Khatri, S., Timilsina, R. et. al. (2019). Profile of chlorophylls and carotenoids of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) microgreens. *J. Food Sci. Technol.*, no. 56 (5), pp. 2758-2763. doi: 10.1007/s13197-019-03768-9

References

1. Kashyap, Ch.K., Kumar, S., Sharma, Sh. (2026). Wheat microgreens for global food security: novel interventions for sustainable production and functional enrichment. *Plant Science*, no. 371, p. 113331. doi: 10.1016/j.plantsci.2026.113331

2. Lone, J.R., Pandey, R., Gayacharan (2024). Microgreens on the rise: expanding our horizons from farm to fork. *Heliyon*, no. 10, e25870. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e25870

3. Mishra, N., Singh, Sh., Mishra, N. et al. (2026). A review of emerging trends and future perspective on microgreens as a novel functional food. *Novel Techniques in Nutrition and Food Science*, no. 9 (1), pp. 947-958. doi: 10.31031/NTF.2026.09.000702

4. Mahinder, P., Diksha, Sh., Deekshith, H.N. et al. (2023). Microgreen: a tiny plant with superfood potential. *Journal of Functional Foods*, no. 107, 105697. doi: 10.1016/j.jff.2023.105697

5. Dubey, Sh., Harbourne, N., Harty, M., et al. (2024). Microgreens production: exploiting environmental and cultural factors for enhanced agronomical benefits. *Plants*, no. 13, 2631. doi: 10.3390/plants13182631

6. Turner, E.R., Luo, Y., Buchanan, R.L. (2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: a review. *Journal of Food Science*, vol. 85, no. 4, pp. 870-882. doi: 10.1111/1750-3841.15049

7. Lebedeva, N.N., Devochkina, N.L. (2023). Sposoby stimulirovaniya prorastaniya semyan pri vyrashchivani mikrozeleni [Ways to stimulate the germination of seeds for micro-greens]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potato and vegetables], no. 5, pp. 29-32. doi: 10.25630/PAV.2023.70.33.004

8. Krivosheev, S.I., Logvinova, E.V., Emel'yanova, A.A., Shumakov, V.A. (2026). Vliyaniye razlichnoi kontsentratsii rostostimulyatorov na intensivnost' nachalnogo rosta yarovoi myagkoi pshenitsy [The effect of different concentrations of growth stimulants on the intensity of initial growth of spring soft wheat]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], vol. 69, no. 2 (411), pp. 233-236. doi: 10.55186/25876740_2026_69_2_233

9. Eliseeva, L.G., Osman, A., Molodkina, N.G., Belkin, Yu.D., Santuryan, T.A. (2022). Vliyaniye biotekhnologii proizvodstva mikrozeleni v fitotronakh gorodskogo tipa na sodержание funktsional'nykh ingredientov, povyshayushchikh adaptivnyi immunitet [Influence of biotechnology of microgreen production in urban-type phytotrons on the content of functional ingredients capable to increase the adaptive immune]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food technology], no. 5, pp. 28-31. doi: 10.26297/0579-3009.2022.5.6

10. Loskutov, S.I., Pukhal'skii, Ya.V., Yakubovskaya, A.I., Kameneva, I.A. (2025). Vliyaniye rezhima pitaniya na antioksidantnuyu aktivnost' mikrozeleni bazilika [Influence of nutrient mode on the antioxidant activity of basil microgreens]. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian bulletin of the Urals], vol. 25, no. 02, pp. 264-277. doi: 10.32417/1997-4868-2025-25-02-264-277

11. Drygaś, B., Depciuch, J., Puchalski, C. (2021). Effect of *Ascophyllum nodosum* alga application on microgreens, yield, and yield components in oats *Avena sativa* L. *Agronomy*, no. 11, p. 1446. doi: 10.3390/agronomy11071446

12. Shibaeva, T.G., Sherudilo, E.G., Rubaeva, A.A., Levkin, I.A., Titov, A.F. (2026). Vliyaniye ekstrakta *Laminaria digitata* iz Belovogo morya na produktivnost' i pishchevuyu tsennost' mikrozeleni rapini [Effect of the White Sea *Laminaria digitata* extract on the yield and nutritional value of rapini microgreens]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences], no. 1, pp. 119-128. doi: 10.17076/eco2283

13. Dhaka, A.S., Mishra, G.P., Tontang, M.T. et al. (2023). Evaluation of growth conditions, antioxidant potential, and sensory attributes of six diverse microgreens species. *Agriculture*, no. 13, p. 676. doi: 10.3390/agriculture13030676

14. Shakleina, M.N., Alalykin, A.A., Solov'eva, M.S. (2022). Otsenka sodержaniya vitaminov v mikrozeleni neskol'kikh vidov kul'turnykh rastenii [Evaluation of the content of vitamins in microgreens of several species of cultivated plants]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw material], no. 2, pp. 165-172. doi: 10.14258/jcprm.2022029988

15. Nadtochiy, L.A., Kuznetsova, D.V., Muradova, M.B., Proskura, A.V. (2020). Sravnitel'nyi analiz pishchevoi tsennosti semyan, rostkov i mikrozeleni rastenii *Linum usitatissimum* L. i *Salvia hispanica* L. [Comparative nutritional analysis of seeds, sprouts and microgreens of plants *Linum usitatissimum* L. and *Salvia hispanica* L.]. *Polzunovskii vestnik* [Polzunovskiy vestnik], no. 2, pp. 27-34. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.006

16. Niroula, A., Khatri, S., Timilsina, R. et. al. (2019). Profile of chlorophylls and carotenoids of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) microgreens. *J. Food Sci. Technol.*, no. 56 (5), pp. 2758-2763. doi: 10.1007/s13197-019-03768-9

Информация об авторе:

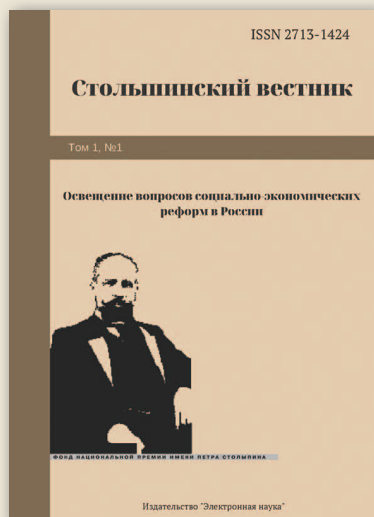
Гордеева Ирина Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры физики и химии,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5684-1309>, SPIN-код: 8883-3440, ivgord@mail.ru

Information about the author:

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

✉ ivgord@mail.ru

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭЛЕКТРОННАЯ НАУКА»



Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник»

- Издаётся 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

