Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 12 (78). 2026. № 2. С. 294–307.

УДК 581.14+ 661.162.66
DOI 10.5281/ZENODO.20795526

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ «ИМПУЛЬС» НА ПОКАЗАТЕЛИ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ *AVENA SATIVA* L.

Чмелёва С. И., Белоусов В. В., Сидякин А. И., Джелдубаева Э. Р., Туманянц К. Н., Османова Р. С.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: chmeleva-s@mail.ru

Выявлено влияние регулятора роста растений комплексного действия «Импульс» на показатели солеустойчивости *Avena sativa* L. Показано, что наилучшая концентрация регулятора роста для прорастания, водного обмена и пигментного состава – 0,01 % и 5 %. Под действием препарата наблюдалось статистически значимое улучшение морфометрических показателей проростков. Длина проростков, длина корневой системы и число корней в вариантах с «Импульсом» 0,01 % + 100 мкл NaCl превышали контроль в 3,8, 2,1 и 1,14 раза соответственно. В вариантах с добавлением «Импульса» 0,01 % в условиях засоления 0,20 М NaCl интенсивность транспирации увеличивалась в среднем в 1,4 раза по сравнению с засолением без обработки, а водный дефицит снижался в 1,6 раза ($p \leq 0,05$), что свидетельствует о частичном восстановлении водного обмена. Полученные результаты позволяют рассматривать использование регуляторов роста комплексного действия в качестве эффективного средства повышения солеустойчивости овса.
Ключевые слова: регулятор роста «Импульс», солеустойчивость, водный дефицит, *Avena Sativa* L.

ВВЕДЕНИЕ

Современное сельское хозяйство сталкивается с рядом экологических и климатических вызовов, которые напрямую влияют на продуктивность сельскохозяйственных культур. Одним из наиболее значимых стрессовых факторов для растений является засоление почвы, которое наблюдается как в регионах с сухим климатом, так и в регионах, где происходит нерациональное применение агротехнологий, таких как чрезмерное орошение, использование некачественной воды и интенсивное использование удобрений. Засоление вызывает осмотический стресс, ионный дисбаланс и накопление токсичных концентраций натрия и хлора в тканях растений, что нарушает фотосинтетические процессы, водный обмен и рост растений [1]. Это сказывается на продуктивности сельскохозяйственных культур [2], что является серьезной проблемой для всемирного сельского хозяйства и требует поиска эффективных методов повышения устойчивости растений к засолению.

Овес посевной является одной из важных зерновых культур [3], широко используемых в пищевой, фармацевтической и кормовой промышленности.

Несмотря на его относительно высокую приспособляемость к различным условиям выращивания, повышенная концентрация солей в почве негативно сказывается на его росте и развитии. Для смягчения последствий солевого стресса применяются различные агротехнические и химические методы, однако их эффективность ограничена, а долговременное использование может приводить к дополнительным экологическим проблемам.

В последние годы активно изучаются подходы к повышению устойчивости растений к абиотическим стрессам, в том числе с использованием регуляторов роста растений (РРР). Показано, что применение рострегулирующих веществ способствует активации антиоксидантной системы, стабилизации клеточных мембран и улучшению водного баланса растений в условиях стресса [4]. Регуляторы роста могут усиливать адаптационные механизмы, повышая устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды, включая засоление [5], могут модулировать физиологические и биохимические процессы растений [6], улучшая водный обмен, усиливая антиоксидантную защиту, стабилизируя работу мембран и повышая эффективность фотосинтетической активности.

Несмотря на значительный объем исследований, посвященных влиянию РРР на устойчивость растений к различным видам стресса, остается недостаточно изученным вопрос о специфическом воздействии комплексных регуляторов роста на *Avena sativa* L. в условиях засоления почвы. Многие существующие работы фокусируются на отдельных классах регуляторов роста, таких как гиббереллины, ауксины или абсцизовая кислота [7].

В связи с вышеизложенным целью данной работы явилось оценка влияние регулятора роста растений комплексного действия «Импульс» на показатели солеустойчивости *Avena sativa* L.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть работы проводилась на базе кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий Института биохимических технологий, экологии и фармации КФУ имени В.И. Вернадского.

Материалом для исследований исследования служили семена и растения овса сорта Борец (*Avena sativa* L .cv‘Борец’). Семена отбирали по средним размерам, предварительно обрабатывали слабым раствором $KMnO_4$ в течение 15 минут с последующим трёхкратным промыванием дистиллированной водой. Далее их замачивали в растворах препарата «Импульс» различной концентрации (0,01 %, 1 %, 5 %) или воде в течение 60 минут.

Проращивание проводили в кюветах на увлажнённой фильтровальной бумаге (по 100 семян в каждом варианте) в трёхкратной повторности. Для моделирования солевого стресса использовали растворы NaCl концентрацией 0,05; 0,10 и 0,20 М. В контрольном варианте применяли отстоянную водопроводную воду.

Схема опыта включала контроль и серии вариантов с обработкой семян препаратом «Импульс» различной концентрации в условиях нормального водоснабжения и солевого стресса.

Подсчитанное количество проросших семян выражали в процентах к общему числу семян в варианте опыта в каждой повторности, а затем находили энергию прорастания, выраженную в процентах к общему количеству семян, взятых для опыта [8]. Согласно ГОСТу, для овса посевного оценку всхожести следует начинать с третьих суток проращивания. Важно учитывать, что показатели, снятые на третьи сутки принято расценивать как энергия прорастания. Оценку всхожести принято проводить на седьмые сутки. Такие морфометрические показатели, как длина проростка, длина корневой системы, количество корней также снимали на седьмые сутки [9].

Контролем служила отстоянная водопроводная вода, для приближения условий к производственным. Эксперимент проводили в трёхкратной повторности для получения достоверных данных.

Оценка солеустойчивости *Avena sativa* L. по всхожести семян. При определении солеустойчивости показателем устойчивости является всхожесть семян [10]. В исследовании оценка солеустойчивости проводилась согласно классификации, предложенной Генкелем, в которой солеустойчивость дифференцируется по проценту всхожести на пять групп, представленных в таблице 1. Всхожесть (%) рассчитывали по формуле:

$$\text{Всхожесть} = (n/N) \times 100, \quad [1]$$

где n – количество проросших семян, N – общее количество семян, взятых для опыта.

Таблица 1

Группы солеустойчивости по схожести семян

Группы солеустойчивости	Процент всхожести семян соответственно группе
I – высокоустойчивые	> 80 %
II – устойчивые	61 – 80 %
III – среднеустойчивые	41 – 60 %
IV – слабо устойчивые	21 – 40 %
V – очень слабоустойчивые	< 20 %

Определение интенсивности транспирации. Интенсивность транспирации рассчитывали по модифицированному методу быстрого взвешивания по Л. А. Иванову [11], с уточнением площади листа по геометрическим параметрам.

С трёх растений были срезаны отдельные листья, после чего измерялись их длина и ширина. Общая площадь вычислялась по формуле:

$$S=\sum(L_n \times W_n \times k), \quad [2]$$

где L_n – длинна n-ого листа, W_n – ширина n-ого листа, k поправочный коэффициент, учитывающий форму листа, мы использовали коэффициент равный 0,75, который обычной принимается для листьев эллиптической формы [12].

Затем листья взвешивали дважды с интервалом в 5 минут. Разница в массе между первым и вторым взвешиванием соответствует количеству испаренной воды.

Интенсивность транспирации IT (г/м2×ч) вычисляли по формуле:

$$IT = n \times 10\,000 \times 60 / S \times t, \quad [3]$$

где n – количество испарившейся воды, г; S – площадь, см2; t – экспозиция, мин; 10000 – коэффициент перевода см2 в м2; 60 – коэффициент перевода минут в часы.

Этот метод позволяет оценить интенсивность транспирации с учётом площади нескольких листьев, что позволяет повысить точность измерений.

Определение водного дефицита. Определение водного дефицита проводилось методом насыщения листьев водой с последующим высушиванием до постоянной массы.

Для анализа использовали листья, отобранные с трёх растений каждого варианта исследования. Сначала измеряли их массу, затем помещали их в чашки Петри, наполненные дистиллированной водой, на 1 час для насыщения влагой и повторно взвешивали. После этого образцы высушивали в сушильном шкафу при температуре 100–105 °C в течении 2-3 часов до получения абсолютно сухого вещества.

Водной дефицит (Wg) рассчитывали по формуле:

$$Wg = (((M2 - M3) - (M1 - M3))/ (M2 - M3)) \times 100, \quad [4]$$

где Wg – водный дефицит, %; (M2 – M3) – количество воды, насыщающее листья, г; (M1 – M3) – исходное содержание воды в листьях, г.

Методика расчёта соответствует общепринятой практике, применяемой в физиологии растений для количественной оценки водоудерживающей способности тканей [11].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием программы «GraphPad Prism 8» и «Microsoft Excel». Рассчитывали средние арифметические значения, стандартное отклонение и стандартную ошибку средней арифметической.

Перед проведением теста на достоверность различий между группами провели тест на нормальность Shapiro-Wilk. После подтверждения параметрического распределения данных ($p>0,05$) использовали t критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние регулятора роста комплексного действия «Импульс» на прорастание семян овса посевного *Avena sativa* L. cv'Борец'. Результаты исследования показали, что при обработке семян Avena sativa L. раствором «Импульс» 0,01 % без добавления NaCl энергия прорастания составила 75 %, что на 2,7 % выше контроля, а лабораторная всхожесть – 85 %, что на 2,4 % выше контрольных значений (рис. 1, 2). Более высокие концентрации препарата (1 % и 5 %) оказывали угнетающее действие на начальные этапы роста: энергия прорастания снижалась до 47 % и 34 % соответственно.

При добавлении 0,05 М NaCl эффективность низкой концентрации «Импульса» сохранялась: энергия прорастания составила 74 %, что лишь незначительно ниже, чем в варианте с одним раствором соли (78 %), тогда как всхожесть семян увеличивалась до 85 %, что на 4,9 % выше контроля.

Наиболее выраженное положительное действие препарата в концентрации 0,01 % отмечено при значительном солевом стрессе – 0,20 М NaCl. В этом варианте энергия прорастания увеличивалась до 68 %, что на 94,3 % выше варианта с NaCl, а всхожесть достигала 76 %, превышая его на 65,2 %. Это подтверждает выраженный адаптогенный эффект низкой концентрации препарата в неблагоприятных условиях.

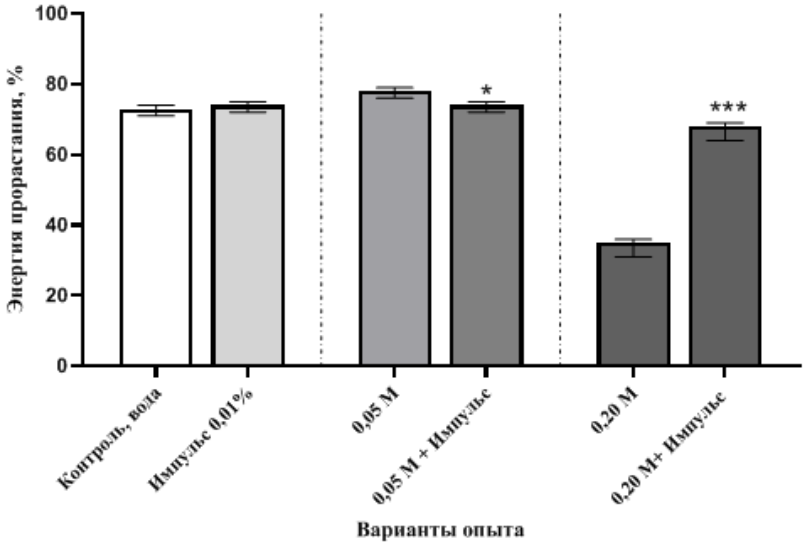


Рис. 1. Влияние регулятора роста «Импульс» в концентрации 0,01 % на энергию прорастания *Avena sativa* L. cv.‘Борец’.
Примечание к рисунку: звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при * P <0,05, ** P <0,01, *** P <0,001.

При повышении концентрации препарата до 1 % и 5 % наблюдалось существенное снижение всхожести во всех вариантах опыта. Так, при использовании 5 % раствора «Импульса» в сочетании с 0,10 М и 0,20 М NaCl всхожесть составила лишь 31 % и 36 % соответственно, что указывает на возможное токсическое действие высоких концентраций регулятора.

Таким образом, предпосевная обработка семян препаратом «Импульс» в концентрации 0,01 % способствует повышению устойчивости проростков овса к солевому стрессу, стимулируя прорастание и повышая всхожесть по сравнению с необработанными семенами.

Влияние регулятора роста «Импульс» на показатели солеустойчивости *Avena sativa* L. cv‘Борец’. В контроле всхожесть семян составила 83,7 %, что соответствует I группе солеустойчивости – высокоустойчивые. Обработка регулятором роста «Импульс» в концентрации 0,01 % вызывала незначительное увеличение всхожести до 85,2 %, что также соответствует I группе. Применение препарата в концентрации 1 % снижало всхожесть до 74,3 % (II группа), а в концентрации 5 % – до 42,3 % (III группа).

При моделировании солевого стресса растворами NaCl 0,05; 0,10 и 0,20 М наблюдалось закономерное снижение всхожести в контрольных вариантах. Однако предварительная обработка семян препаратом «Импульс» изменяла показатели устойчивости. Так, в варианте 0,01 % + 0,05 М NaCl всхожесть достигала 85,2 %, соответствуя I группе и превышая значение солевого контроля без обработки.

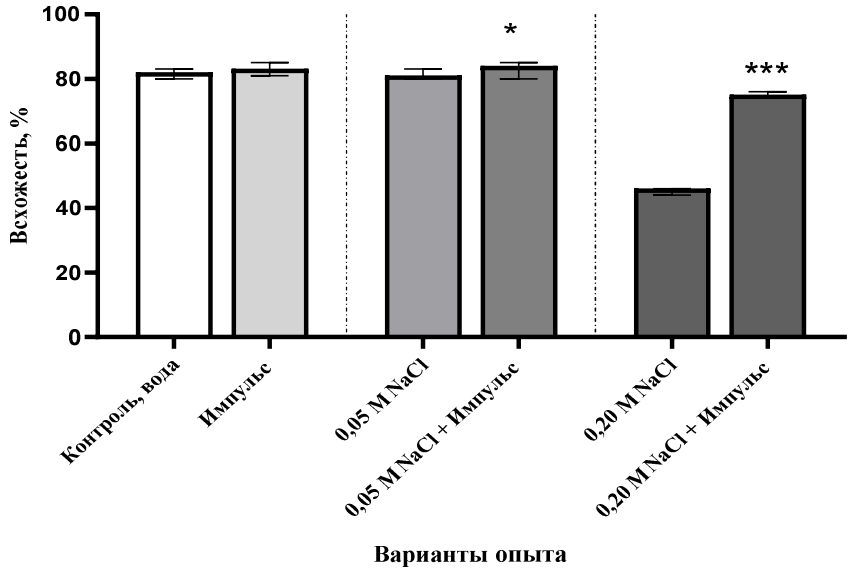


Рис. 2. Влияние регулятора роста «Импульс» 0,01 % на всхожесть семян *Avena sativa* L. cv‘Борец’.
Примечание: те же, что на рис.1.

На фоне 0,10 М NaCl без обработки всхожесть составляла 56,3 % (III группа), тогда как при обработке 0,01 % раствором «Импульс» она возрастала до 76,6 %, что соответствует II группе. Повышение концентрации «Импульса» до 1 % и 5 % в этих условиях, напротив, снижало устойчивость до 15,7 % (V группа) и 36,3 % (IV группа) соответственно.

Наиболее выраженный стресс наблюдался при 0,20 М NaCl. В солевом контроле всхожесть составила 46,3 % (III группа), однако при обработке 0,01 % «Импульсом» она возрастала до 76,6 %, соответствуя II группе.

Таким образом, наиболее эффективной концентрацией регулятора роста «Импульс» является 0,01 %, обеспечивающая сохранение или повышение всхожести в условиях засоления. Более высокие концентрации препарата, напротив, оказывали ингибирующее действие и снижали солеустойчивость овса.

Влияние регулятора «Импульс» на морфометрические показатели овса посевного *Avena sativa* L. cv‘Борец’. В условиях отсутствия солевого стресса обработка семян раствором «Импульс» в концентрации 0,01 % способствовала

незначительному снижению длины проростков на 4,92 % и длины корней на 7,37 % по сравнению с контролем (рис. 3, 4, 5).

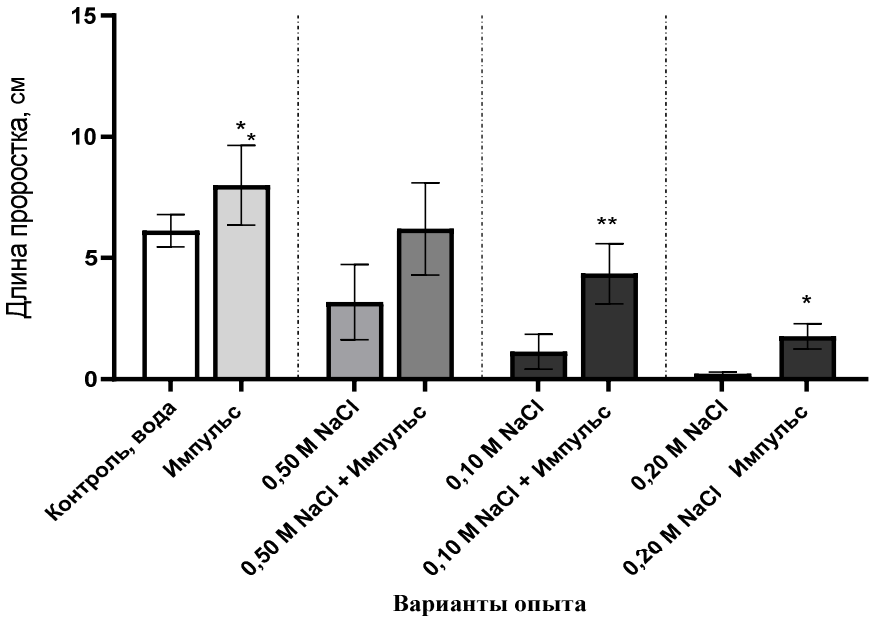


Рис. 3. Влияние регулятора роста «Импульс» 5 % на длину проростка растения *Avena sativa* L. cv‘Борец’.
Примечание: те же, что на рис. 1.

Количество корней также было несколько ниже и составило 90 % от контроля. Повышение концентрации препарата до 1 % существенно не влияло на длину проростков (96,72 % от контроля), однако уменьшало длину корневой системы до 65,26 %. При использовании 5 % раствора, напротив, наблюдалось стимулирование роста надземной и подземной части до 131,15 % и 107,37 % соответственно, а также увеличение числа корней на 12,5 %.

При 0,05 М NaCl низкая концентрация «Импульса» не оказывала существенного влияния на длину проростков и корней, однако увеличивала число корней на 11,11 %. Повышение концентрации до 1 % сопровождалось более выраженным стимулированием роста надземной части – до 144,12 %, при умеренном снижении длины корней до 83,08 %. Наиболее выраженное улучшение всех ростовых параметров отмечено при применении «Импульса» в концентрации 5 %: длина проростка и корней увеличивалась до 182,35 % и 136,92 % соответственно, а число корней – на 8,33 %.

При 0,10 М NaCl морфометрические показатели проростков резко снижались: длина надземной части составляла 0,91 см, длина корней – 3,5 см. Добавление «Импульса» даже в минимальной концентрации 0,01 % обеспечивало значительное восстановление показателей: длина проростка возрастала более чем в 3,8 раза,

корневой системы – в 2,1 раза, а количество корней превышало контрольное значение на 14,29 %. Более высокие концентрации препарата (1 % и 5 %) усиливали положительный эффект, особенно в отношении длины проростков и корней.

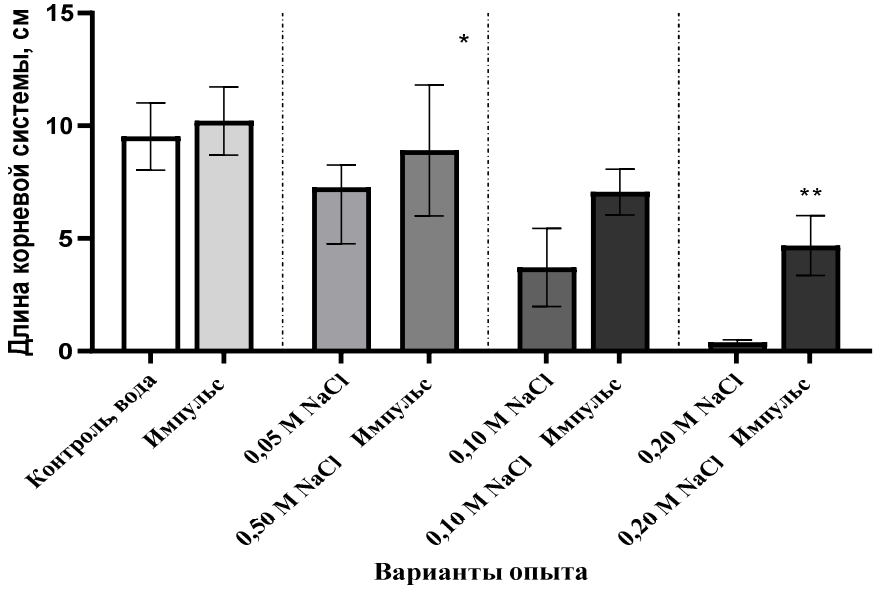


Рис. 4. Влияние регулятора роста «Импульс» 5 % на длину корневой системы растения *Avena sativa* L. cv‘Борец’.
Примечание: те же, что на рис. 1.

При 0,20 М NaCl наблюдалось резкое угнетение морфометрических показателей: длина проростков снижалась до 0,2 см, длина корней – до 0,4 см, число корней – до 2,1 шт. Однако даже в этих условиях обработка препаратом приводила к достоверному увеличению всех показателей. Наиболее выраженный эффект отмечен при применении «Импульса» в концентрации 5 %: длина проростка возрастала до 1,8 см, длина корневой системы – до 4,7 см, а число корней увеличивалось почти в 2 раза.

Таким образом, регулятор роста «Импульс» оказывает дозозависимое влияние на ростовые характеристики проростков овса. В стрессовых условиях препарат проявляет адаптогенное действие, значительно улучшая морфометрические параметры даже при высоком уровне засоления.

Влияние регулятора роста растений комплексного действия «Импульс» на показатели водного обмена растений овса посевного *Avena sativa* L. cv‘Борец’

В контрольном варианте без соли интенсивность транспирации составляла 118,4±10 мкг/см²·ч, а водный дефицит – 9,30±0,29 %. Добавление NaCl вызывало ожидаемое снижение интенсивности транспирации и увеличение водного дефицита. Так, при 0,20 М NaCl транспирация снижалась почти в 2,5 раза – до 47±3 мкг/см²·ч, а

водный дефицит возрастал более чем вдвое – до 19,75±1,2 % (рис. 5), что свидетельствует о выраженном нарушении водного обмена при солевом стрессе.

Применение препарата «Импульс» в различных концентрациях вызывало неоднозначные изменения. В большинстве случаев наблюдалось увеличение интенсивности транспирации, особенно при наличии соли. Например, при 0,10 М NaCl и концентрации «Импульса» 5 % транспирация достигала 98 мкг/см²·ч, однако водный дефицит при этом оставался повышенным – 11,12 % (рис. 6), что указывает на несбалансированное водопользование.

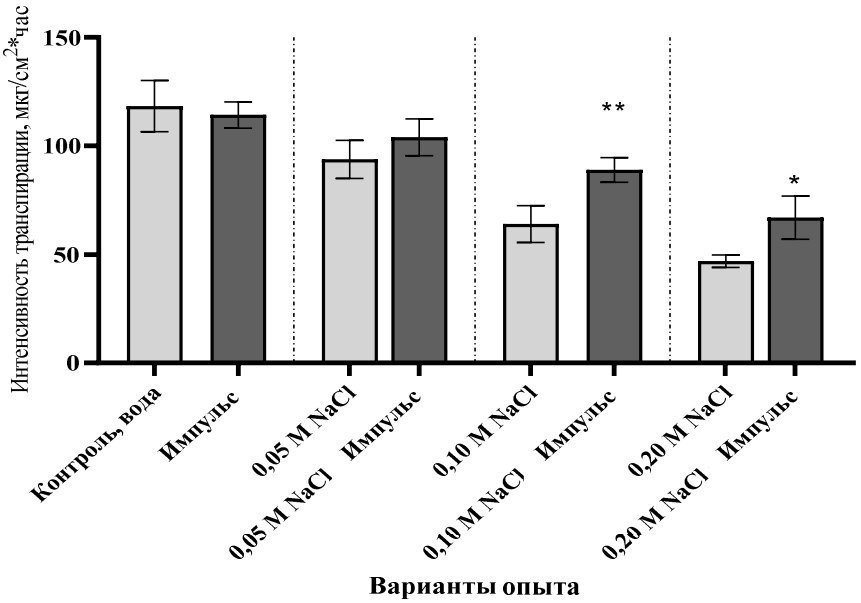


Рис. 5. Влияние регулятора роста растений «Импульс» в концентрации 0,01 % на интенсивность транспирации в листьях овса посевного *Avena sativa* L. cv‘Борец’.
Примечание: те же, что на рис. 1.

Наиболее физиологически обоснованное действие отмечено при применении «Импульса» в концентрации 0,01 %. В условиях без соли интенсивность транспирации у обработанных растений составляла 114,3±6 мкг/см²·ч, что соответствует 96,54 % от контроля и может свидетельствовать о более экономичном водопользовании. При 0,05 М NaCl транспирация увеличивалась до 104±8 мкг/см²·ч, а при 0,10 М NaCl – до 89±6 мкг/см²·ч, что указывает на стабилизацию водообмена в условиях осмотического стресса. Даже при 0,20 М NaCl препарат обеспечивал умеренное повышение транспирации до 67±1 мкг/см²·ч.

По показателям водного дефицита наиболее выраженный защитный эффект также наблюдался при концентрации препарата 0,01 %. В условиях без соли водный дефицит снижался до 7,391±0,35 %, что на 20,48 % ниже контроля. При 0,05 М NaCl он уменьшался с 17,82 до 15,49 %, при 0,10 М NaCl – с 19,15 до 8,35±0,50 %, а при 0,20 М NaCl – с 19,75 до 11,55 %.

Таким образом, препарат «Импульс» в оптимальной концентрации 0,01 % улучшает физиологическое состояние растений за счёт стабилизации транспирации и выраженного снижения водного дефицита. Полученные результаты свидетельствуют о его дозозависимом влиянии на прорастание, рост и водный обмен Avena sativa в условиях солевого стресса.

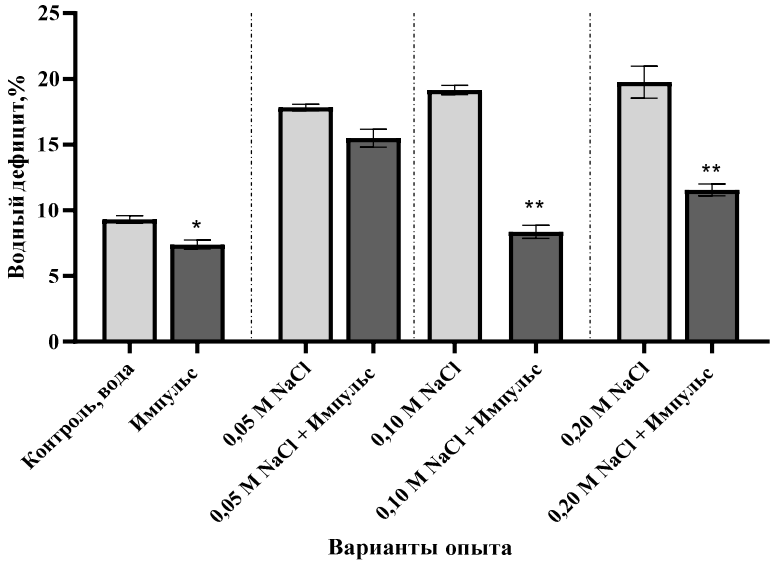


Рис. 6. Влияние регулятора роста растений «Импульс» в концентрации 0,01 % на водный дефицит в листьях овса посевного *Avena sativa* L.
Примечание: те же, что на рис. 1.

Полученные результаты свидетельствуют о выраженном дозозависимом влиянии регулятора роста «Импульс» на прорастание, рост и физиологическое состояние растений A*vena sativa* в условиях солевого стресса. Установлено, что низкая концентрация препарата (0,01 %) оказывает стимулирующее действие на всхожесть семян и энергию прорастания, особенно в условиях повышенной концентрации NaCl, тогда как более высокие дозы (1 % и 5 %) проявляют ингибирующий эффект на начальных этапах онтогенеза.

Выявленный в работе стимулирующий эффект малых концентраций «Импульса» может быть связан с усилением антиоксидантной защиты и стабилизацией клеточных мембран. Отмеченное ингибирующее действие высоких концентраций препарата соответствует концепции дозозависимого эффекта (гормезиса), согласно которой низкие дозы биологически активных веществ стимулируют физиологические процессы, тогда как высокие могут вызывать стресс и угнетение роста.

Результаты морфометрического анализа подтверждают адаптогенное действие препарата в условиях солевого стресса. Значительное увеличение длины проростков и корневой системы при обработке «Импульсом» свидетельствует об активации

ростовых процессов и усилении способности растений к освоению водных ресурсов. Это согласуется с данными о том, что под действием регуляторов роста происходит стимуляция клеточного деления и растяжения, а также улучшение корнеобразования [13].

Таким образом, полученные результаты демонстрируют, что регулятор роста «Импульс» в оптимальной концентрации 0,01 % повышает солеустойчивость *Avena sativ*а за счёт комплексного влияния на прорастание, ростовые процессы и водный обмен. Это позволяет рассматривать данный препарат как перспективный элемент технологии повышения устойчивости сельскохозяйственных культур к абиотическим стрессам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённого исследования установлено, что регулятор роста комплексного действия «Импульс» оказывает выраженное дозозависимое влияние на прорастание, ростовые и физиологические показатели растений *Avena sativa* L. в условиях солевого стресса. Показано, что применение препарата в низкой концентрации (0,01 %) способствует повышению энергии прорастания и лабораторной всхожести семян, особенно в условиях засоления. При этом в условиях выраженного солевого стресса (0,10–0,20 М NaCl) обработка семян «Импульсом» обеспечивает значительное увеличение всхожести и перевод растений в более высокие группы солеустойчивости по классификации Генкеля. В то же время повышение концентрации препарата до 1 % и 5 % приводит к снижению всхожести и проявлению ингибирующего эффекта.

Морфометрический анализ показал, что регулятор роста способствует улучшению роста проростков, особенно в стрессовых условиях, что выражается в увеличении длины надземной и корневой части, а также числа корней. Установлено, что при высоких уровнях засоления препарат способен частично компенсировать угнетающее действие NaCl и активизировать ростовые процессы.

Исследование показателей водного обмена выявило, что применение «Импульса» в оптимальной концентрации способствует снижению водного дефицита и стабилизации транспирационной активности растений, что свидетельствует об улучшении водного статуса и повышении устойчивости к осмотическому стрессу.

Таким образом, регулятор роста «Импульс» в концентрации 0,01 % проявляет выраженные адаптогенные свойства и повышает солеустойчивость *Avena sativa* L. за счёт комплексного влияния на прорастание, рост и водный обмен. Полученные результаты обосновывают перспективность использования данного препарата в технологиях предпосевной обработки семян для повышения устойчивости сельскохозяйственных культур к засолению почв.

Список литературы

1. Менделева В. П. Влияние хлоридного загрязнения на морфометрические показатели овса посевного (*Avena sativa* L.) / В. П. Менделева, И. В. Волкова // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития. – 2020. – С. 198–200.

2. Voko M. P. Seed priming with vermicompost leachate, Ecklonia maxima extract-Kelpak® and smoke-water induce heat stress amelioration and growth in Vigna unguiculata L. seedlings / M. P. Voko, et al. // South African Journal of Botany. – 2022. – Vol. 147. – P. 686–696.
3. Солдатова В. Ю. Биотестирование фитотоксичности почвогрунтов г. Якутска с использованием тест-объекта овса посевного *Avena sativa* L. / В. Ю. Солдатова, Е. Г. Шадрина, С. Д. Карпова // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2018. – № 2. – С. 76–86.
4. Khan M. I. R. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants / M. I. R. Khan, M. Fatma, T. S. Per, N. A. Anjum, N. A. Khan // Frontiers in Plant Science. – 2015. – Vol. 6. – Article 462. DOI: 10.3389/fpls.2015.00462.
5. Шаповал О. А. Регуляторы роста растений в агротехнологиях / О. А. Шаповал, И. П. Можарова, А. А. Коршунов // Защита и карантин растений. – 2014. – № 6. – С. 56–78.
6. Колупаев Ю. Е. Конститутивная и индуцированная холодом устойчивость проростков ржи и пшеницы к окислительному стрессу / Ю. Е. Колупаев и др. // Физиология растений. – 2016. – Т. 63, № 3. – С. 346–358.
7. Третьякова О. И. Влияние полимерных рострегуляторов на морфофизиологические параметры риса в условиях засоления / О. И. Третьякова, Н. А. Макарова, С. П. Доценко // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 118. – С. 1061–1074.
8. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с изм. № 1, 2). – Введ. 30.06.1986. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 7 с.
9. Черепанов А. В. Лабораторная оценка устойчивости коллекционных образцов овса к хлоридному засолению / А. В. Черепанов, Н. А. Боме // Генофонд и селекция растений: материалы VII Международной конференции, посвященной 95-летию академика РАН П. Л. Гончарова, Новосибирск, 10–12 апреля 2024 г. – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2024. – С. 399–403. DOI: 10.18699/GPB2024-102.
10. Генкель П. А. О повышении солеустойчивости растений при засолении почвы сульфатами / П. А. Генкель // Известия АН СССР. Серия биологическая. – 1960. – № 4.
11. Киселева И. С. Физиология растений: учеб.-метод. пособие / И. С. Киселева, М. Г. Малева, Г. Г. Борисова, Н. В. Чукина, А. С. Тугбаева; под общ. ред. И. С. Киселевой. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 120 с.
12. Манаенков А. О. Определение уровня загрязнения почвы с помощью биоиндикатора овса / А. О. Манаенков, В. С. Бобрик // Russian Journal of Biological Research. – 2023. – Т. 10, № 1. – С. 3–9. DOI: 10.13187/ejbr.2023.1.3.
13. Taiz L. Plant Physiology and Development / L. Taiz, E. Zeiger, I. M. Møller, A. Murphy. – 7th ed. – Oxford: Oxford University Press, 2018. – 737 p.

EFFECT OF THE COMPLEX GROWTH REGULATOR “IMPULSE” ON SALT TOLERANCE INDICATORS OF *AVENA SATIVA* L.

Chmeleva S. I., Belousov V. V., Sidyakin A. I., Dzheldubaeva E. R., Tumanyants K. N., Osmanova R. S.

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: chmeleva-s@mail.ru

Modern agricultural conditions are characterized by the increasing impact of abiotic stresses, among which soil salinization is one of the most significant factors affecting plant growth, development, and productivity. Therefore, the search for effective approaches to enhance plant tolerance to salt stress, including the use of plant growth regulators, is highly relevant.

The aim of this study was to evaluate the effect of the complex growth regulator “Impulse” on salt tolerance indicators of oat (*Avena sativa* L.) cultivar ‘Borets’. The influence of different concentrations of the preparation (0.01 %, 1 %, and 5 %) on seed germination energy, laboratory germination rate, morphometric parameters of seedlings (shoot length, root length, and root number), as well as water exchange parameters (transpiration intensity and water deficit) under model salt stress conditions (0.05, 0.10, and 0.20 M NaCl) was investigated.

It was found that pre-sowing seed treatment with “Impulse” at a concentration of 0.01 % had a pronounced stimulating effect on seed germination, increasing both germination energy and laboratory germination under normal and saline conditions. Under salinity, an increase in plant salt tolerance was observed, manifested by a shift to higher tolerance groups according to Genkel’s classification. In contrast, higher concentrations of the preparation (1 % and 5 %) exhibited inhibitory effects, reducing germination and tolerance indicators.

Morphometric analysis showed that the application of “Impulse” improved seedling growth, especially under stress conditions, as evidenced by increased shoot length, root length, and root number. The most pronounced effect was observed at the lowest concentration, which partially compensated for the inhibitory effects of salt stress.

The study of water exchange parameters demonstrated that treatment with “Impulse” at 0.01 % reduced water deficit and stabilized transpiration activity, indicating improved water balance and enhanced resistance to osmotic stress. Under high NaCl concentrations, the preparation provided partial recovery of physiological parameters.

Thus, the growth regulator “Impulse” at an optimal concentration of 0.01 % exhibits pronounced adaptogenic properties and enhances salt tolerance of *Avena sativa* L. through a комплексное воздействие on germination, growth processes, and water exchange. The obtained results substantiate the перспективность of using this preparation in pre-sowing seed treatment technologies to improve crop resistance to soil salinization.

***Keywords*:** Avena sativa, salt stress, plant growth regulators, germination, morphometry, transpiration, water deficit, salt tolerance.

References

1. Mendeleva V. P., Volkova I. V. The Effect of Chloride Pollution on Morphometric Indicators of Oat (*Avena sativa* L.). Agrarian Landscapes, *Their Stability and Features of Development*, 198 (2020).
2. Voko M. P., et al. Seed Priming with Vermicompost Leachate, Ecklonia maxima Extract-Kelpak® and Smoke-Water Induce Heat Stress Amelioration and Growth in *Vigna unguiculata* L. Seedlings. *South African Journal of Botany*, **147**, 686 (2022).
3. Soldatova V. Yu., Shadrina E. G., Karpova S. D. Biotesting of Phytotoxicity of Soils of Yakutsk Using Oat (*Avena sativa* L.) as a Test Object. *Natural Resources of the Arctic and Subarctic*, **2**, 76 (2018).
4. Khan M. I. R., Fatma M., Per T. S., Anjum N. A., Khan N. A. Salicylic Acid-Induced Abiotic Stress Tolerance and Underlying Mechanisms in Plants. *Frontiers in Plant Science*, **6**, 462 (2015). DOI: 10.3389/fpls.2015.00462.
5. Shapoval O. A., Mozharova I. P., Korshunov A. A. Plant Growth Regulators in Agricultural Technologies. *Plant Protection and Quarantine*, **6**, 56 (2014).
6. Kolupaev Yu. E., et al. Constitutive and Cold-Induced Resistance of Rye and Wheat Seedlings to Oxidative Stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, **63(3)**, 346 (2016).

7. Tretyakova O. I., Makarova N. A., Dotsenko S. P. Effect of Polymer Growth Regulators on Morphophysiological Parameters of Rice under Salinity Conditions. *Scientific Journal of KubSAU*, **118**, 1061 (2016).
8. *State Standard GOST 12038-84. Seeds of Agricultural Crops. Methods for Determination of Germination* (with Amendments No. 1, 2). 7 (Moscow, Standards Publishing House, 2011).
9. Cherepanov A. V., Bome N. A. *Laboratory Assessment of Salt Tolerance of Oat Collection Samples under Chloride Salinity.* Gene Pool and Plant Breeding: Proceedings of the VII International Conference, Novosibirsk, 399 (2024). DOI: 10.18699/GPB2024-102.
10. Genkel P. A. On Increasing Plant Salt Resistance under Sulfate Soil Salinization. *Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Biological Series*, **4** (1960).
11. Kiseleva I. S., Maleva M. G., Borisova G. G., Chukina N. V., Tugbaeva A. S. *Plant Physiology*, 120 (Yekaterinburg, Ural University Press, 2018).
12. Manaenkov A. O., Bobrik V. S. Determination of Soil Pollution Level Using Oat as a Bioindicator. *Russian Journal of Biological Research*, **10(1)**, 3 (2023). DOI: 10.13187/ejbr.2023.1.3.
13. Taiz L., Zeiger E., Møller I. M., Murphy A. *Plant Physiology and Development,* 737 (Oxford University Press, 2018).