

УДК 615.214.3(07)

АДАПТОГЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТА СИЛИПЛАНТ НА *TRITICUM AESTIVUM* L. В УСЛОВИЯХ ВОДНОГО ДЕФИЦИТА

Чмелёва С. И., Джелдубаева Э. Р., Туманянц К. Н., Ярмолук Н. С.

*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: chmeleva-s@mail.ru*

Приведены доказательства стимулирующего влияния регулятора роста Силиплант на энергию прорастания, лабораторную всхожесть, длину надземной части, длину корневой системы, показатели водного баланса растений *Triticum aestivum* L. сорта Бунчук при недостаточном водообеспечении. Подобрана оптимальная концентрация синтетического регулятора роста, оказывающая адаптогенное влияние на *Triticum aestivum* L. сорта Бунчук, в условиях осмотического стресса. Впервые установлено, что предпосевная обработка 0,3 % раствором препарата Силиплант в течение четырех часов оказывает положительное влияние на показатели водного режима растений пшеницы. У опытных растений, выращенных из семян прошедших предпосевную обработку регулятором роста, восстанавливается водный обмен за счет увеличения интенсивности транспирации и снижения водного дефицита, по сравнению с контрольными растениями.
Ключевые слова: Силиплант, регулятор роста, адаптогенное действие, пшеница, осмотический стресс.

ВВЕДЕНИЕ

В наше время в современной биотехнологии актуальной является проблема применения физиологически активных веществ для регуляции роста и развития растений. Обширное применение регуляторов роста растений представляет собой важный фактор эффективности технологий сельского хозяйства [1, 2]. Немаловажным также есть раскрытие роли биологически активных соединений в регуляции основных функций жизнедеятельности растений, в повышении устойчивости их к неблагоприятным факторам окружающей среды (высоким и низким температурам, засухе, засолению почвы, различным заболеваниям и др.), а также в увеличении урожайности [3, 4].

При помощи регуляторов роста совершенствуются агротехнические приемы выращивания различных сельскохозяйственных культур. Их применение становится с каждым годом все более разнообразным и многофункциональным. Они оказывают многообразное действие на растение, контролируя такие процессы как: деление клеток, влияют на основные процессы жизнедеятельности (дыхание, фотосинтез), регулируют физиологическую и морфологическую корреляцию органов и тканей растения, участвуют в процессах регенерации утраченных частей растения [5].

На сегодняшний день наиболее актуальным является комплексный подход к применению регуляторов роста растений, обладающих как рострегулирующим, так

и антистрессовым и иммуностимулирующим действием. Применение регуляторов роста в сельском хозяйстве, является новым направлением химизации, которое основано на современных достижениях физиологии растений, молекулярной биологии, биохимии и др. [6].

Показано, что применение синтетического регулятора роста Силиплант вызывает широкий спектр биологического действия, повышает засухоустойчивость, способствует усвоению всех видов удобрений, повышает урожайность, качественные показатели продукции и повышает сопротивляемость к заболеваниям [7]. Влияние данного препарата на рост и развитие злаковых культур, в частности пшеницы, изучено недостаточно, поэтому представляет неоспоримый интерес как в теоретическом, так и в практическом отношении.

В связи с этим, целью данной работы являлось выявление адаптогенного действия препарата Силиплант на *Triticum aestivum* L. в условиях водного дефицита.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть проводилась на базе кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий КФУ имени В.И. Вернадского, в период 2018-2021 гг.

Объектом исследования явилась пшеница мягкая (*Triticum aestivum* L.) – однолетнее травянистое растение высотой 60–180 см. Культура достаточно требовательна к обеспечению водой, особенно в период выхода в трубку – налива зерна. Засуха значительно снижает урожайность пшеницы [8].

Опыты проводились с семенами и растениями пшеницы на начальных этапах онтогенеза. Семена пшеницы были отобраны по среднему размеру. Семена промывали в проточной воде, замачивали в слабом растворе $KMnO_4$ (15 минут), затем промывали 3 раза дистиллированной водой. Согласно экспериментальному плану семена в марлевых мешочках замачивали в различных концентрациях растворов синтетического регулятора роста Силиплант.

Растения выращивали в лабораторных условиях при температуре от +22 до +24 °С на протяжении 3 недель при двух уровнях влажности почвы: оптимальный – 70 % от общей влагоемкости поля (ППВ) и сухой – 30–35 % от ППВ. В соответствии с этим использовались два контрольных варианта: контроль 1 – семена замачивали в отстоянной водопроводной воде и высевали на субстрате с оптимальной увлажненностью; контроль 2 – семена замачивали в отстоянной водопроводной воде и высевали на субстрате с низким уровнем увлажненности до конца эксперимента.

Схема опыта.

1. Контроль № 1 – отстоянная водопроводная вода;
2. Контроль № 2 – водный дефицит;
3. Препарат Силиплант, 0,1 %-ный раствор;
4. Препарат Силиплант, 0,2 %-ный раствор;
5. Препарат Силиплант, 0,3 %-ный раствор;
6. Препарат Силиплант, 0,4 %-ный раствор.

Для проращивания семена были помещены в термостат типа ТС-80-М-2 на трое суток в темноте при температуре +20 °С. В соответствии с требованиями стандарта для сельскохозяйственных культур 12038-84 для мягкой пшеницы, энергия прорастания определяется на 3-и сутки, а всхожесть семян – на 7-е сутки. Энергия прорастания семян характеризует дружность появления нормальных проростков. Всхожесть – количество нормально проросших семян в образце, взятом для анализа, выраженное в процентах [ГОСТ 12038– 84].

Для определения сухой, сырой массы растений пшеницы были отобраны 5 параллельных проб по 10 типичных и однородных экземпляров. Время между отборами 7 дней.

Для определения содержания сухого вещества растительный материал высушивали в термостате при температуре 105 °С, до постоянной массы и взвешивали.

По результатам эксперимента были выделены следующие группы устойчивости семян (табл. 1).

Таблица 1.

Группы семян по засухоустойчивости

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

Определение водного дефицита. Для определения водного дефицита срезали 2–3 листа, делали 20 высечек сверлом диаметром 8 мм, при этом не попадали на крупные жилки листа.

Высечки взвешивались на аналитических весах (M1), помещались на поверхность воды в закрытые чашки Петри и оставались для насыщения тканей водой на 1–2 ч. Далее тургесцентные высечки доставались из воды, осторожно и быстро обсушивались снаружи фильтровальной бумагой и взвешивались (M2). Для контроля высечки вновь помещались в воду и через 30 мин взвешивание повторялось. В случае, если масса ткани не меняется, значит она полностью насыщена водой. Далее высечки необходимо было поместить в бюксы, высушить в сушильном шкафу в течение 1 часа при температуре 100–105 °С, взвесить и определить массу абсолютно сухой ткани (M3). На основании полученных данных вычислялся показатель водного дефицита по формуле:

$$Wg = (((M_2 - M_3) - (M_1 - M_3)) / (M_2 - M_3)) * 100,$$

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

Определение интенсивности транспирации. Определение интенсивности транспирации проводилось методом быстрого взвешивания, предложенным Л. А. Ивановым.

Отдельный лист растения срезают и дважды взвешивают с промежутком не более 3 мин, так как при более длительной экспозиции может начаться завядание листьев, которое снизит транспирацию. Установленное этим методом уменьшение массы листьев соответствует количеству испаренной воды.

Интенсивность транспирации IT ($г/м^2*ч$) вычисляли по формуле:

$$IT = \pi * 10\ 000 * 60 / (S * t),$$

где π – количество испарившейся воды, г; S – площадь, $см^2$; t – экспозиция, мин; 10000 – коэффициент перевода $см^2$ в $м^2$; 60 – коэффициент перевода минут в часы.

Площадь листа вычислить по пропорции $a/b = c/S$, где a – масса квадрата, b – масса бумажной фигуры, c – площадь квадрата, S – площадь листа. Для определения поверхности листа – взвешивали на торсионных весах квадрат миллиметровой бумаги площади ($1\ см^2$), и бумажный шаблон, точно соответствующий площади листа [9].

Определение свободного пролина. Для определения свободного пролина брали три пробы листьев по 1 г каждая. Мелко их нарезали, заливали 10 мл 3 %-го раствора сульфосалициловой кислоты и растирали в течение 5 мин в ступках до получения однородной массы, растертую массу переносили на фильтр. Затем брали 2 мл фильтрата и проводили дальнейшее определение как при построении калибровочной кривой. Концентрация пролина определялась по калибровочному графику. Результаты расчета выражали в миллиграмм–процентах на сухое вещество, предварительно определив, сколько сухого вещества содержится в 1 г сырых листьев в контроле и при недостатке воды [10].

Статистическую обработку полученных данных осуществляли, рассчитывая среднюю арифметическую и стандартную ошибку средней арифметической, стандартное отклонение, критерий достоверности Стьюдента для сравнения двух выборок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Действие регулятора роста Силиплант на прорастание семян *Triticum aestivum* L. при недостаточном водообеспечении.

Результаты исследования выявили, что Силиплант оказывает стимулирующие влияние на энергию прорастания и всхожесть семян пшеницы при обработке их различными концентрациями препарата.

При предпосевной обработке семян пшеницы 0,1 % раствором регулятора роста Силиплант, энергия прорастания составила 70,6 %, а всхожесть 91,7 %, что на 3 и 1,8 % соответственно ниже, чем в контрольных вариантах опыта.

При концентрации 0,2 % энергия прорастания составила 81,2 %, а всхожесть 95,8 %, что на 7,6 и 2,3 % выше, чем в контрольном варианте. Концентрация 0,3 % регулятора роста Силиплант оказала наибольший эффект на семена пшеницы. С применением данной концентрации энергия прорастания составила 96,4 %, а всхожесть 96,8 %, что превысило контрольные варианты на 22,8 и 3,3 %, соответственно. Ингибирующее действие оказала концентрация 0,4 %, при этом энергия прорастания составила 53,3 %, а всхожесть 67,1 %, что в свою очередь на 20,3 и 26,4 % ниже, чем контрольные варианты опыта (табл. 2).

Таблица 2.
Влияние предпосевной обработки препаратом Силиплант на посевные качества семян *Triticum aestivum* L.

Варианты опыта	Посевные качества семян ($\bar{x} \pm Sx$)	
	энергия прорастания, %	лабораторная всхожесть, %
Контроль 1	73,6 ± 0,02	93,5 ± 0,03
Силиплант 0,1 %	74,6 ± 0,02	93,7 ± 0,02
Силиплант 0,2 %	81,2 ± 0,03*	95,8 ± 0,03*
Силиплант 0,3 %	96,4 ± 0,03**	96,8 ± 0,03*
Силиплант 0,4 %	53,3 ± 0,02*	67,1 ± 0,02*

Примечание: отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при *P≤0,05, **P≤0,01, ***P≤0,001.

Таким образом, анализируя полученные нами данные по изучению влияния синтетического регулятора роста Силиплант на всхожесть семян пшеницы, можно сделать вывод, что оптимальной концентрацией препарата для стимуляции процессов прорастания пшеницы является 0,3 %.

Очень важное значение при обработке семян различных культурных растений регуляторами роста имеет время обработки. В результате того, что производители синтетических стимуляторов рекомендуют среднее количество времени для замачивания семян различных культур, важен подбор времени в часах для определенного препарата и сорта пшеницы. В табл. 3 показаны данные по влиянию различного времени экспозиции семян в регуляторе роста 0,3 % концентрации. В этой концентрации были установлены максимальные показатели, как для энергии прорастания семян, так и для всхожести.

Для определения оптимального времени замачивания семян в регуляторе роста Силиплант в концентрации 0,3 %, мы совершили замачивание на следующие промежутки времени: 60, 120, 180, 240 и 300 минут.

Показано, что при замачивании семян пшеницы сорта Бунчук в препарате Силиплант в концентрации 0,3 % на 60 минут, энергия прорастания составила 67,3 %, а всхожесть 83,5 %. При увеличении времени замачивания в два раза (120 мин) энергия прорастания составила 72,3 %, а всхожесть 84,6 %. Замачивание семян в стимуляторе роста на 180 минут не оказало сильного стимулирующего действия, энергия прорастания составила 71,4 %, а всхожесть 84,1 %. При

увеличении времени замачивания до 240 минут, было выявлено максимальное стимулирующее действие для семян пшеницы – энергия прорастания составила 96,4 %, а всхожесть – 96,8 %. На семена, которые замачивались на 300 минут, было оказано ингибирующее действие – энергия прорастания составила 66,7 %, а всхожесть 82,4 %.

Таблица 3.
Влияние времени обработки регулятором роста Силиплант на всхожесть
Triticum aestivum L. ($x \pm S_x$)

Вариант опыта	Экспозиция, мин	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Контроль	60	58,3±0,02	77,4±0,03
Силиплант 0,3 %	60	67,3±0,02*	83,5±0,03
Контроль	120	63,5±0,03	81,1±0,02
Силиплант 0,3 %	120	72,3±0,02	84,6±0,02
Контроль	180	60,3±0,02	82,1±0,03
Силиплант 0,3 %	180	71,4±0,04*	84,1 ±0,03
Контроль	240	73,6±0,02	90,3±0,02
Силиплант 0,3 %	240	96,4±0,04**	96,8±0,03
Контроль	300	55,3±0,01	81,0±0,03
Силиплант 0,3 %	300	66,7±0,02*	82,4±0,03

Примечание: звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при *P≤0,05, **P≤0,01, ***P≤0,001; н/д - разница не достоверна.

Таким образом, оптимальное время для замачивания семян, при котором опытные варианты максимально превышают контрольные, является 240 мин.

Влияние регулятора роста Силиплант на морфометрические показатели растений *Triticum aestivum* L.

В результате проведенных нами исследований было установлено, что применение предпосевного замачивания семян в синтетическом регуляторе роста *Triticum aestivum* L. стимулирует прирост массы сырого и сухого вещества 4-дневных проростков, наблюдается увеличение показателей линейного роста растений.

Оптимальной концентрацией синтетического регулятора роста Силиплант для *Triticum aestivum* L. установлена 0,3 %. Так, например, если длина 4-дневных контрольных проростков достигала в среднем 5,8 см, а длина 4-дневных проростков выращенных в условиях водного дефицита – 4,1 см, то при использовании оптимальной концентрации препарата Силиплант, исследуемый показатель превышал вариант с дефицитом увлажненности на 34,1 % и достигал в среднем 5,5 см (табл. 3).

Показано, что применение для предпосевной обработки более высокой концентрации регулятора роста Силиплант также оказывают стимулирующее действие на ростовые параметры исследуемого сорта пшеницы, однако в меньшей

степени. Так, например, при концентрации препарата Силиплант 0,4 % средняя длина 4-дневных проростков составила 5,2 см, что на 0,06 см меньше, чем в контрольном варианте.

Таблица 4.
Влияние препарата Силиплант на формирование 4-дневных проростков
Triticum aestivum L. ($\bar{x} \pm S_x$)

Вариант опыта	Длина, см		Биомасса 100 шт. coleoptилей, г	
	coleoptиль	корней	сырая	сухая
Контроль 1	5,8±0,01	5,5±0,02	2,8±0,07	0,20±0,007
Контроль 2	4,1±0,01	3,6±0,01	1,8±0,08	0,15±0,006
Силиплант 0,1 %	3,8±0,01	3,7±0,01	2,1±0,07	0,16±0,006
Силиплант 0,2 %	4,2±0,01*	4,8±0,02*	2,4±0,05*	0,18±0,006*
Силиплант 0,3 %	5,5±0,02**	5,2±0,02**	2,7±0,08**	0,20±0,009**
Силиплант 0,4 %	5,2±0,02*	5,0±0,02*	1,6±0,06*	0,16±0,005

Примечание: достоверные различия по сравнению с контролем при *P≤0,05, **P≤0,01, ***P≤0,001.

При этом применение регулятора роста в минимальной концентрации (0,1 %) оказывает ингибирующий эффект на проростки пшеницы. Опытные 4-дневные проростки пшеницы, выращенные из семян, прошедших предпосевную обработку в растворе с данной концентрацией Силиплант, достигают 3,8 см.

Рост растений, а также накопление ими органических веществ, являются конечными результатами взаимодействия с факторами окружающей среды, результатом сложных, часто взаимоисключающих процессов, происходящих в клетках, тканях и органах. Ускоряя рост растений путем предпосевной обработки регуляторами роста, можно контролировать процессы, протекающие в организме растений [11].

При изучении влияния синтетического регулятора роста Силиплант на накопление сырой массы растений пшеницы сорта Бунчук были получены следующие результаты, представленные в таблице 5.

Выявлено, что исследуемый регулятор роста оказал стимулирующее влияние на накопление массы сырого вещества растений пшеницы. Наилучшие результаты были получены в вариантах, в которых применялась предпосевная обработка семян в 0,3 %-ном растворе препарата Силиплант. Так, например, у 7-ми дневных растений масса сырого вещества надземной части на 6,5 % превышает массу сырого вещества у растений, выращенных в условиях почвенной засухи (контроль 2). У 14-ти дневных растений опытные варианты превышают контрольные на 4,9 %, а у 21-дневных – на 4,9 % соответственно (табл. 5).

Результаты демонстрируют, что концентрации изучаемого препарата (0,1 %, 0,2 % и 0,4 %) оказывают достоверное стимулирующее влияние на накопление массы сырого вещества растений пшеницы сорта Бунчук в меньшей степени, чем

оптимальная концентрация (0,3 %). Так, например, у 7-дневных растений пшеницы, обработанных 0,01 %-ным раствором регулятора роста, масса сырого вещества составила 52,1, что на 1,8 % выше, чем у растений, выращенных при дефиците влаги. При применении 0,02 %-ого регулятора роста, разница между обработанными и необработанными препаратом растениями по накоплению массы сырого вещества составляет 4,2 %.

Таблица 5.
Влияние препарата Силиплант на накопление массы сырого вещества растений *Triticum aestivum* L.

Варианты опыта	Масса сырого вещества, % от контроля 1 ($\bar{x} \pm S_x$)					
	надземная часть			корни		
	7-е сутки	14-е сутки	21-е сутки	7-е сутки	14-е сутки	21-е сутки
Контроль 1	57,5±0,25	58,2±0,35	59,0±0,24	56,2±0,34	57,5±0,44	58,0±0,35
Контроль 2	50,3±0,26	52,6±0,44	53,3±0,45	51,2±0,34	51,6±0,25	52,1±0,45
Силиплант 0,1 %	52,1±0,35	53,2±0,30	53,9±0,41	52,8±0,35	53,3±0,53	53,7±0,36
Силиплант 0,2 %	54,5±0,44	55,1±0,35	55,9±0,25	53,4±0,44	54,1±0,56	54,9±0,37
Силиплант 0,3 %	56,8±0,35	57,5±0,34	58,2±0,45	57,2±0,46	58,0±0,35	58,8±0,56
Силиплант 0,4 %	53,8±0,20	54,2±0,25	55,0±0,36	54,3±0,35	54,9±0,47	55,3±0,35

Примечание: разница средних значений контроля и опыта достоверна при $P \leq 0,01$ для всех вариантов.

Выявлено, что предпосевное замачивание пшеницы сорта Бунчук в различных концентрациях синтетического регулятора роста Силиплант, оказывает стимулирующее действие на накопление массы сухого вещества надземной части растений на начальных этапах онтогенеза. Так, например, 7-дневные опытные растения, обработанные 0,01 %-ным раствором Силиплант накапливают на 5,5 % больше сухого вещества, чем растения, выращенные в условиях водного дефицита.

Обработка растений пшеницы синтетическим регулятором роста Силиплант в концентрации 0,02 % также оказывает положительное действие на накопление массы сухого вещества, 7-дневные опытные растения накапливают на 6,9 % больше сухого вещества, чем в варианте с дефицитом влаги.

Предпосевная обработка растений пшеницы препаратом Силиплант в концентрации 0,03 % оказывает наибольшее влияние на накопление массы сухого вещества, в сравнении со всеми применяемыми концентрациями. На 7-е сутки выращивания побеговая система опытных растений на 11,8 % отличается от контрольных по содержанию массы сухого вещества. У 14-ти дневных растений разница между опытными и контрольными растениями по изучаемому параметру достигает 13 %, а у 21-дневных – 12,9 %.

Установлено, что оптимальной концентрацией, которая стимулирует накопление массы сухого вещества корней растений пшеницы в условиях пониженной почвенной влажности, является 0,03 %-ная. При использовании данной дозы препарата Силиплант масса сухого вещества корней уже на 7-й день после предпосевного замачивания у опытных растений превышает данный показатель у контрольных растений на 6,4 %. Данный эффект влияния Силипланта сохраняется и на 14-й день. Масса сухого вещества корней опытных растений на 5,9 % превышает массу сухого вещества корней контрольных растений.

Изучение других концентраций препарата Силиплант показало, что 0,1 % и 0,2 %-ные дозы регулятора роста положительно влияют на накопление массы сухого вещества корней 7–21-дневных растений пшеницы сорта Бунчук.

Таким образом, в результате проведенных нами исследований по влиянию различных концентраций препарата Силиплант на увеличение массы сырого и сухого вещества растений пшеницы сорта Бунчук, выращенных в условиях пониженной почвенной влажности, нами установлено стимулирующее влияние различных доз препарата. При этом оптимальной концентрацией является 0,03 %.

Рост – процесс преобразования элементов структуры организма, включающий в себя увеличение размеров растений, прибавку в массе и нарастание листовой поверхности. Засоление негативно влияет на рост растения.

При действии длительного осмотического стресса на ранних этапах онтогенеза части *Triticum aestivum* L., морфометрические параметры проростков существенно снижаются, это можно объяснить тем, что водный дефицит оказывает подавляющее действие на процессы митотического цикла, это и обуславливает замедление развития растений. Что касается надземных органов, то в стебле наиболее подвержены воздействию стрессового фактора (недостатку влаги) клетки проводящей системы.

Так, при искусственно созданом дефиците влаги, наблюдается полное ингибирование роста *Triticum aestivum* L. Такую реакцию растения можно объяснить тем, что данная культура, а именно *Triticum aestivum* L. (сорт Бунчук), относится к не засухоустойчивым сельскохозяйственным растениям.

Наши исследования по оценке влияния препарата Силиплант на длину надземной части *Triticum aestivum* L. на фоне воздействия водного дефицита представлены на рис. 1. Наибольшее стимулирующее действие на длину надземной части растений пшеницы оказала концентрация 0,3 % препарата Силиплант, в сравнении с контрольным вариантом.

При использовании концентрации 0,3 % препарата Силиплант исследуемый параметр – высота побега, на 7-е сутки привысил контроль 2 (водный дефицит) в среднем на 2,3 %.

Другие концентрации регулятора роста Силиплант, такие как 0,2 и 0,4 % также оказала положительное влияние на длину надземной части растений *Triticum aestivum* L.

Применение синтетического регулятора роста Силиплант в концентрации 0,1 % оказала наименьшее влияние на высоту надземной части растений *Triticum aestivum* L., в сравнении с контрольным вариантом.

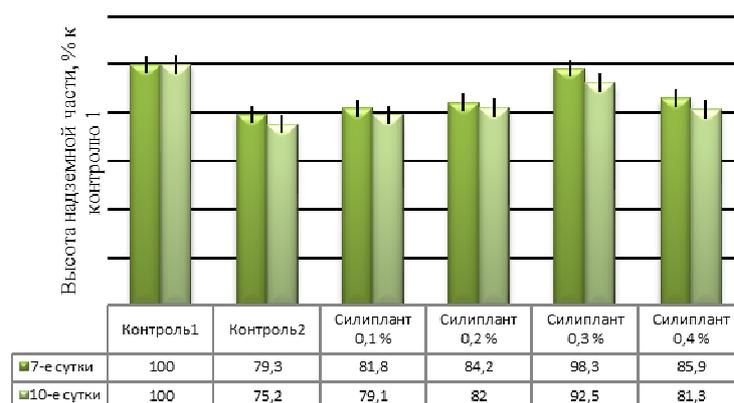


Рис. 1. Влияние препарата Силиплант на высоту надземной части *Triticum aestivum* L.

На рисунке 2 изображено влияние синтетического регулятора роста Силиплант на длину корневой системы. Показано, что наибольшее стимулирующее действие на длину подземной части растений *Triticum aestivum* L. оказала концентрация 0,3 % препарата Силиплант, в сравнении с контрольным вариантом.

При использовании концентрации 0,1 % препарата Силиплант исследуемый параметр – длина корневой системы, на 7-е сутки привысил контроль 2 (водный дефицит) всего на 3,4 %, тем самым оказал наименьшее стимулирующее действие.

Применение регулятора роста Силиплант в концентрациях 0,2 и 0,4 %, также оказали положительное влияние на длину корневой системы, в сравнении с контрольным вариантом 2 (дефицит влаги).

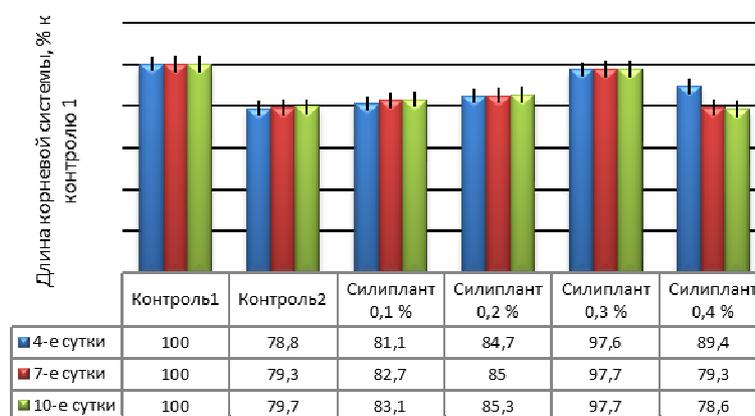


Рис. 2. Влияние препарата Силиплант на длину корневой системы *Triticum aestivum* L.

Влияние регулятора роста Силиплант на интенсивность транспирации. Одним из главных показателей водного режима, имеющим большое значение при анализе адаптационных особенностей растений к условиям среды, является интенсивность транспирации [12].

Измерения показали, что интенсивность транспирации растений, выращенных на фоне дефицита воды, уменьшается. Полученные данные можно объяснить тем, что в условиях недостатка влаги растения активируют накопление АБК в листьях, что приводит к закрытию устьиц и, как следствие, к снижению транспирации.

Установлено, что применение синтетического регулятора роста Силиплант, приводит к повышению уровня транспирации у растений *Triticum aestivum* L.

Наиболее оптимальной концентрацией является 0,3 % (рис. 3). Так, при оптимальной концентрации Силипланта (0,3 %), уровень транспирации составил 91,8, что на 27,6 % выше, чем в контрольном варианте с дефицитом влаги.

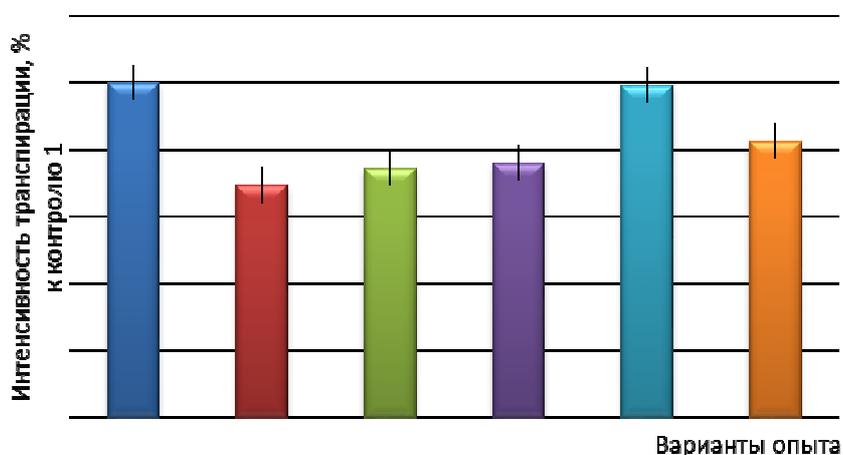


Рис. 3. Влияние препарата Силиплант на интенсивность транспирации *Triticum aestivum* L.

При применении концентраций регулятора роста Силиплант 0,1 и 0,2 % можно наблюдать минимальную интенсивность транспирации.

Концентрация 0,4 % также оказывает положительное влияние на интенсивность транспирации *Triticum aestivum* L. по сравнению с контрольным вариантом с дефицитом влаги.

Влияние синтетического регулятора роста Силиплант на водный дефицит растений *Triticum aestivum* L. Проведенные нами исследования выявили резкое снижение водного дефицита в листьях растений пшеницы под влиянием препарата Силиплант в сравнении с растениями, выращенными в условиях недостатка влаги.

Так, при применении оптимальной концентрации синтетического регулятора роста Силиплант водный дефицит составил – 7,37 %, что на 11,3 % ниже, чем в

варианте с водным дефицитом.

Иные концентрации регулятора роста, такие как 0,1; 0,2 и 0,4 % также оказали положительный эффект на уровень водного дефицита растений *Triticum aestivum* L. по сравнению с вариантом с дефицитом влаги.

Влияние регулятора роста Силиплант на содержание свободного пролина в листьях *Triticum aestivum* L. В результате проведенных экспериментов установлено, что под влиянием водного дефицита в листьях растений пролин накапливается в значительных количествах, превышающих контрольный вариант, в котором растения выращивались при нормальных условиях водообеспечения.

У опытных растений в условиях водного дефицита содержание пролина превышает в 4,5 раз его содержание у растений, выращенных при оптимальном водообеспечении. Увеличение содержания пролина наблюдали у растений, выращиваемых в условиях недостатка влаги. Установлено, что синтетический регулятор роста оказывает ингибирующее действие на накопление пролина в листьях пшеницы в условиях пониженной увлажненности. Так, при применении оптимальной концентрации Силипланта 0,3 % содержание пролина уменьшилось в сравнении с вариантом, выращенным в условиях водного дефицита.

Таким образом, показано стимулирующее влияние регулятора роста Силиплант на энергию прорастания, лабораторную всхожесть, длину надземной части, длину корневой системы, показатели водного баланса растений *Triticum aestivum* L., сорта Бунчук при недостаточном водообеспечении.

Подобрана оптимальная концентрация синтетического регулятора роста, оказывающая адаптогенное влияние на *Triticum aestivum* L., сорта Бунчук в условиях осмотического стресса. Так, предпосевная обработка 0,3 % раствором препарата Силиплант в течение 4 часов оказывает положительное влияние на показатели водного режима растений пшеницы. У опытных растений, выращенных из семян, прошедших предпосевную обработку регулятором роста, восстанавливается водный обмен за счет увеличения интенсивности транспирации и снижения водного дефицита, по сравнению с контрольными растениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено положительное влияние регулятора роста Силиплант на прорастание и ростовые процессы *Triticum aestivum* L., сорт Бунчук как в оптимальных условиях, так и в условиях водного дефицита.
2. Показано, что оптимальной концентрацией синтетического регулятора роста является 0,3 %. У 4-дневных опытных проростков, семена которых предварительно обрабатывались в течение 240 мин в растворе препарата данной концентрации, масса сырого вещества увеличивается в среднем на 50 %, масса сухого вещества – на 33 %, длина coleoptиле – на 34 %, длина корневой системы – на 44 % по сравнению с контрольными в условиях водного дефицита.
3. Установлено положительное влияние синтетического регулятора роста Силиплант на морфометрические показатели *Triticum aestivum* L., сорт Бунчук. Высота побега достоверно увеличивается в среднем на 22 %, длина корней – на

23 %, масса сырого вещества – на 9–13 %, масса сухого вещества – на 14–25 % у опытных растений по сравнению с контрольными в условиях недостаточного водообеспечения.

4. Показано, что предпосевная обработка семян *Triticum aestivum* L., регулятором роста в оптимальной концентрации способствует возрастанию интенсивности транспирации в среднем на 43 % и снижению водного дефицита на 56 % у опытных растений по сравнению с контрольными в условиях водного дефицита.

Статья выполнена в рамках темы № АААА-А21-121011990099-6 «Физиологические механизмы биологического действия факторов различной природы и силы» на базе ЦКП «Экспериментальная физиология и биофизика» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского».

Список литературы

1. Калмыкова Е. В. Повышение адаптивности растений томата к абиотическим факторам стресса при применении регуляторов роста / Е. В. Калмыкова, Н. Ю. Петров, О. В. Калмыкова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 1 (61). – С. 63–73.
2. Рябчикова Н. Б. Сравнительная оценка фолларных обработок растений арбуза столового водорастворимыми одобрениями и регуляторами роста / Н. Б. Рябчикова, М. В. Быкова, И. Н. Бочерова // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2021. – Вып. 139. – С. 12–135.
3. Chmeleva S. I. Adaptogenic Effect of Low-Intensity Millimeter-Wave Electromagnetic Radiation on Glycine max L. under Osmotic Stress / S. I. Chmeleva, K. N. Tumanyants, A. I. Sidiyakin // XIV International Conference Space and Biosphere (Space and Biosphere 2021) 25th–28th May 2021, Simferopol, Crimea. – 853 – 012018.
4. Chmeleva S. I. Influence of low-Intensity Electromagnetic Radiation of the Millimeter Range on the Antioxidant System of Juvenile Glycine max L. Plants under Osmotic Stress / S. I. Chmeleva, K. N. Tumanyants, N. S. Yarmolyuk // XIV International Conference Space and Biosphere (Space and Biosphere 2021) 25th–28th May 2021, Simferopol, Crimea. – Sci. 853 – 012017.
5. Машкин И. А. Изменение морфобиометрических и физиолого-биохимических параметров сеянцев сосны (*Pinus Sylvestris* L.) при обработке защитно-стимулирующими составами / И. А. Машкин, В. П. Шуканов, Е. В. Мельникова, Л. А. Корытько, С. Н. Полянская // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов – 2021. – Сер. 1, № 2. – С. 73–80.
6. Полевой В. В. Физиология растений / В. В. Полевой. – М.: Высшая школа, 1989. – 526 с.
7. Сидельников Н. И. Влияние регуляторов роста и микроудобрений на урожайность эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) в зависимости от погодных условий / Н. И. Сидельников, О. А. Быкова, Р. Р. Тхаганов // Масличные культуры. – 2021. – Вып. 3 (187). – С. 35–42.
8. Физиология растений : электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины / В. М. Гольд [и др.]; Сиб. федерал. ун-т. – Версия 1.0. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 256 с.
9. Строганов Б. П. Физиологические основы солеустойчивости растений / Б. П. Строганов. – М.: ФН СССР, 1962. – 336 с.
10. Джавадиан Н. Вызванные холодом изменения активности ферментов и содержания пролина, углеводов и хлорофиллов у пшеницы / Н. Джавадиан, Г. Каримзаде, С. Мафузи, Ф. Ганати // Физиология растений. – 2010. – Т. 57, № 4. – С. 580–588.
11. Кузнецов В. В. Физиология растений / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. – М.: Высшая школа, 2005. – 736 с.

12. Максимов Н. А. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений / Н. А. Максимов // Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. – 1952. – Т. 1. – С. 256–271.

INFLUENCE OF LOW-INTENSITY ELECTROMAGNETIC RADIATION OF THE MILLIMETER RANGE ON THE PIGMENTAL COMPOSITION AND PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF *TRITICUM AESTIVUM* L. UNDER CHLORIDE SALINATION

Chmeleva S. I., Dzheldubaeva E. R., Tumanyants K. N., Yarmolyuk N. S.

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

This work shows the adaptive effects of Siliplant on *Triticum aestivum* L. under water-scarce conditions.

The results of the study showed that Siliplant has a stimulating effect on the vigour of the sprouting and sprouts wheat seeds when treated with different concentrations of the drug. Pre-sowing soaking of Bunchuk wheat at various concentrations of the synthetic Siliplant growth regulator has been shown to have a stimulating effect on the build-up of dry matter from above-ground plants in the early stages of ontogenesis. The optimum time for seed soaking, in which the experimental variants exceed the control variants maximum, is 240 minutes.

The positive influence of the growth regulator Siliplant on germination and growth processes *Triticum aestivum* L., variety Bunchuk both under optimal conditions and under conditions of water scarcity has been established.

The optimum concentration of the synthetic growth regulator is shown to be 0.3 %. In 4-day experimental sprouts, the seeds of which were pre-treated for 240 minutes in a solution of a drug of a given concentration, the mass of the raw material increases on average by 50 %, The dry matter mass is 33 %, the length of the coleoptyl is 34 %, and the length of the root system is 44 % compared to the control under conditions of water scarcity.

The positive influence of synthetic growth regulator Siliplant on morphometric indicators *Triticum aestivum* L., variety Bunchuk has been established. The runoff height increases reliably by 22 %, the root length by 23 %, the raw material mass by 9–13 %, and the dry matter weight by 14–25 % in experimental plants compared to control plants under conditions of insufficient water supply.

Triticum aestivum L., The optimum concentration growth regulator increases transpiration intensity by an average of 43 % and reduces water scarcity by 56 % in experimental plants compared to control plants under conditions of water scarcity.

Thus, the stimulating influence of growth regulator Siliplat on vigour of germination, laboratory germination, length of above ground part, length of root system, indicators of

water balance of plants *Triticum aestivum* L., variety Bunchuk with insufficient water supply is shown.

Keywords: Silisplant, growth regulator, adaptive action, wheat, osmotic stress

References

1. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Kalmykova O. V. Increase of tomato plants adaptability to abiotic stress factors when using growth regulators, *Proceedings of the Nizhnevolzhskiy agro-university complex: science and higher professional education*, **1 (61)**, 63 (2021).
2. Ryabchikova N. B., Bykova M. V., Bocherova I. N. Comparative assessment of foliar treatments of table watermelon plants with water-soluble approvals and growth regulators, *Bulletin of the State Nikita Botanical Garden*, **139**, 12 (2021).
3. Chmeleva S. I., Tumanyants K. N., Sidyakin A. I. Adaptogenic Effect of Low-Intensity Millimeter-Wave Electromagnetic Radiation on Glycine max L. under Osmotic Stress, *XIV International Conference Space and Biosphere (Space and Biosphere 2021)*, **853**, 012018 (Simferopol, Crimea, 25th-28th May 2021).
4. Chmeleva S. I., Tumanyants K. N., Yarmolyuk N. S. Influence of low-Intensity Electromagnetic Radiation of the Millimeter Range on the Antioxidant System of Juvenile Glycine max L. Plants under Osmotic Stress, *XIV International Conference Space and Biosphere (Space and Biosphere 2021)*, **853**, 012017. (25th-28th May 2021, Simferopol, Crimea).
5. Mashkin I. A., Shukanov V. P., Melnikova E. V., Korytko L. A., Polyanskaya S. N. Changes in morphobiometric and physiological and biochemical parameters of pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings when treated with protective and stimulating compositions, *Proceedings of BGTU. Series 1: Forestry, Nature Management and Processing of Renewable Resources*, **1, 2**, 73 (2021).
6. Polevoj V. V. *Plant physiology*, 526 p. (Moscow: Higher School. 1989).
7. Sidelnikov N. I., Bykova O. A., Tkhaganov R. R. Effect of growth regulators and microfertilizers on yield of *Echinacea purpurea* (*Echinacea purpurea* L.) depending on weather conditions, *Oilseeds*, **3 (187)**, 35 (2021).
8. *Plant Physiology : electronic training complex*, V. M. Gold [etc.]; 256 p. (Siberian Federal University. - Version 1.0., Krasnoyarsk : IPK SFU, 2008).
9. Stroganov B. P. *Physiological bases of salt tolerance of plants*, 336 p. (M.: FN SSR, 1962).
10. Javadian N., Karimzadeh H., Mafousi S., Ganati F. Cold induced changes in enzyme activity and proline, carbohydrate and chlorophyll content in wheat, *Plant Physiology*, **57, 4**, 580 (2010).
11. Kuznetsov V. V., Dmitrieva G. A. *Plant Physiology*, 736 p. (Moscow: High School, 2005).
12. Maksimov N. A. Selected works on drought and winter hardiness of plants, *Selected works on drought and winter hardiness of plants*, **1**, 256.