

ISSN 2220-5896



Основан в 1921 г. как
«Труды Белорусского
государственного
университета»

Выходил до 1937 г.

Возобновлен в 2006 г.

Т Р У Д Ы

**Белорусского государственного
университета**

**«Физиологические,
биохимические и молекулярные основы
функционирования биосистем»**

Научный журнал

**Том 11
В двух частях**

Часть 1

Минск
2016

Учредитель – учреждение образования «Белорусский государственный университет»

В соответствии с решением коллегии Высшей аттестационной комиссии от 19.06.2008 (протокол № 17/7) журнал «Труды Белорусского государственного университета. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по биологической отрасли науки.

Главный редактор

В.М. Юрин, д-р биол. наук, проф.

Ответственный редактор

В.П. Курченко, канд. биол. наук

Секретарь

Т.В. Буткевич

Редакционный совет:

А.И. Албулов, д-р биол. наук, проф., акад. РАЕН (Россия);

С.В. Буга, д-р биол. наук, проф.;

В.П. Варламов, д-р хим. наук, проф., акад. РАЕН (Россия);

Л.В. Горовой, д-р биол. наук, проф. (Украина);

Н.С. Гурина, д-р биол. наук, проф.;

А.Н. Евтушенко, д-р биол. наук, проф.;

А.И. Зинченко, д-р биол. наук, проф., чл.-кор. НАН Беларуси;

А.В. Кильчевский, д-р биол. наук, проф., чл.-кор. НАН Беларуси;

В.А. Кульчицкий, д-р мед. наук, проф., чл.-кор. НАН Беларуси;

О.А. Ивашкевич, д-р хим. наук, проф., акад. НАН Беларуси;

Ф.А. Лахвич, д-р хим. наук, проф., акад. НАН Беларуси;

А.Г. Лобанок, д-р биол. наук, проф., акад. НАН Беларуси;

Фам Куок Лонг, д-р биол. наук, проф., ВАНТ (Вьетнам);

В.В. Лысак, канд. биол. наук, доц.;

Н.П. Максимова, д-р биол. наук, проф.;

А.И. Мелентьев, д-р биол. наук, проф. (Россия);

В.А. Прокулевич, д-р биол. наук, проф.;

А.Ю. Просеков, д-р техн. наук, проф. (Россия);

В.М. Решетников, д-р биол. наук, проф., акад. НАН Беларуси;

Е.В. Спиридович, канд. биол. наук;

В.В. Титок, д-р биол. наук, проф.;

М.А. Титок, д-р биол. наук, проф.;

С.А. Усанов, д-р хим. наук, проф., чл.-кор. НАН Беларуси;

В.Д. Харитонов, д-р техн. наук, проф., акад. РАН;

Нгуен Ван Хунг, д-р хим. наук, проф., ВАНТ (Вьетнам);

А.Г. Чумак, д-р биол. наук, проф.

Адрес редакции: 220030, г. Минск, пр. Независимости, 4, биологический факультет

Контактные телефоны: (017) 209-58-12 (главный редактор)

(017) 209-58-51 (тел./факс) (ответственный редактор; секретарь)

E-mail: bsu.proceedings@gmail.com

© Биологический факультет БГУ, 2016

Т Р У Д Ы

БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

2016

Том 11, часть 1

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ

- Юрин В.М., Дитченко Т.И., Филиппова С.Н., Ключанкова М.В., Логвина А.О.** Характеристика суспензионной культуры как объекта для промышленного производства фармакологически активных веществ 9
- Костюк В.А.** Растительные полифенольные соединения как компоненты функционального питания 32
- Власенко Е.К., Сычик С.И.** Методологические аспекты токсиколого-гигиенической оценки регуляторов роста растений 42
- Анисимова Е.И.** Гельминты диких копытных на постсоветском пространстве: итоги исследований 64
- Капустин М.А., Чубарова А.С., Головач Т.Н., Цыганков В.Г., Бондарчук А.М., Курченко В.П.** Методы получения наноконплексов биологически активных веществ с циклическими олигосахаридами, анализ их физико-химических свойств и использование в пищевом производстве 73
- Короткевич И.Г., Бородин О.И.** Структурно-функциональные свойства и биологическая активность мелитина из яда пчел 101
- Курченко В.П., Буга С.В., Петрашкевич Н.В., Буткевич Т.В., Ветошкин А.А., Демченков Е.Л., Лодыгин А.Д., Зуева О.Ю., Варламов В.П., Бородин О.И.** Технологические основы получения хитина и хитозана из насекомых 110

ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

- Шахрани М., Сидоров А.В.** Антиоксидантная система защиты в пищеварительной железе (печени) моллюска *Lymnaea stagnalis* в условиях хронического закисления среды обитания 127
- Люзина К.М., Бондарь А.А., Моргачев С.М., Ясюченя Р.Н., Чумак А.Г.** Вариации артериального давления у пациентов при болевых реакциях почечного происхождения 133
- Хруш Х.А., Руткевич С.А.** Функциональная активность афферентных волокон висцеральных нервов крысы после интрадуоденального введения линкомицина 140
- Феклистова С.Н.** Особенности восприятия звуковой информации детьми с нарушением слуха, компенсированным кохлеарным имплантом 147

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- Кулешова Ю.М., Рыбакова В.А., Феклистова И.Н., Маслак Д.В., Урмонас М.** Стимуляция роста рапса бактериями рода *Pseudomonas*-антагонистами фитопатогенов 154
- Молчан О.В., Юрин В.М.** Влияние фитогормонов на каллусогенез и ростовые характеристики культур *in vitro* *Vinca major* L. 162

Сидорович М.М., Кундельчук О.П. Мониторинг воздействия факторов среды на рост и онтогенетическую координацию роста органов проростка пшеницы озимой методом фитотестирования.....	170
--	-----

МИКРОБИОЛОГИЯ

Маслак Д.В., Феклистова И.Н., Гринева И.А., Кулешова Ю.М., Скакун Т.Л., Садовская Л.Е., Хай Л.З. Антимикробная активность некоторых представителей рода <i>Ganoderma</i> по отношению к широкому спектру микроорганизмов	179
Феклистова И.Н., Кулешова Ю.М., Максимова Н.П., Лысак В.В. Влияние пиовердинов на синтез феназиновых антибиотиков у ризосферных бактерий рода <i>Pseudomonas</i>	184
Чернявская М.И. Характеристика штаммов нафталинутилизирующих бактерий рода <i>Rhodococcus</i>	190
Шилова Ю.А., Веремеенко Е.Г., Максимова Н.П. Изучение различных типов подвижности бактерий <i>Pseudomonas chlororaphis aurantiaca</i> В-162	198
Эльхедми А.Э., Курченко В.П., Буткевич Т.В., Ризевский С.В., Леонтьев В.Н. Биологические свойства бактериофагов, активных по отношению к бактериям <i>Pseudomonas fluorescens</i> и <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	205

ГЕНЕТИКА

Сысолятин Е.Н., Анохина В.С., Анисимова Н.В., Бабак О.Г., Кильчевский А.В., Храмцов А.К., Саук И.Б., Романчук И.Ю. Дифференциация выделенных из пораженных растений люпина изолятов фузариума по морфологическим показателям и гену EF-1 α	212
Чернявская М.И., Валентович Л.Н., Титок М.А. Анализ генома бактерий - деструкторов нефти <i>Rhodococcus pyridinivorans</i> 5Ap.....	219
Полетаев А.С., Гайдученко Е.С. Сравнительный анализ кариотипа караса серебряного рыбхоза «Волма»	224

БИОХИМИЯ

Тарун Е.И., Зайцева М.В., Кравцова О.И., Курченко В.П., Головач Т.Н. Влияние пептидов сывороточных белков молока на восстановление уровня флуоресценции в системе с активированными формами кислорода	231
Потапович А.И., Албухайдар А., Сухан Т.О., Костюк В.А. Влияние природных полифенольных соединений на пострадиационные процессы в кератиноцитах, экспонированных к УФ-излучению	237
Логвина А.О., Глушакова Д.Ю., Тышкевич О.Н., Юрин В.М. Закономерности действия осмотически активных веществ на продуктивность и синтез стероидных сапонинов в каллусных культурах <i>Trigonella foenum-graecum</i> L.....	245
Власенко Е.К., Сычик С.И., Ильюкова И.И., Грынчак В.А. Оценка мембранотропных свойств гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты в экспериментах <i>in vitro</i> / <i>in vivo</i>	252

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Шутова Т.Г., Шермет А.А., Ливонович К.С. Адсорбция белков сыворотки крови на мультислойных пленках модифицированных полиэтиленгликолем полисахаридов	258
Молчан О.В., Драгун П.А., Юрин В.М. Влияние пектиновых нано- и субмикронных частиц на физиолого-биохимические показатели суспензионных культур <i>Vinca sp. in vitro</i>	267
Макаренко М.В., Курченко В.П., Усанов С.А. Современные подходы к разработке раневых покрытий.....	273

МОНИТОРИНГ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА РОСТ И ОНТОГЕНЕТИЧЕСКУЮ КООРДИНАЦИЮ РОСТА ОРГАНОВ ПРОРОСТКА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ МЕТОДОМ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ

М.М. Сидорович, О.П. Кундельчук

Херсонский государственный университет, г. Херсон, Украина

e-mail: marinasidorovich1@yandex.ua, kundelchuk@univ.kiev.ua

Введение

Рост уровня антропогенной нагрузки на природные экосистемы требует разработки простых в использовании и эффективных по результативности тестовых методик, позволяющих оценить уровень экологической безопасности конкретного антропогенного фактора. Целью настоящего исследования стало создание такой экспресс методики на основе метода фитотестирования. Для этого в ходе работы необходимо было подобрать фактор-эталон, оказывающий существенное негативное воздействие на живую систему, и который является практически экологически безопасным, а также комплекс показателей, которые позволят дать объективную оценку уровня экологической безопасности тестируемого антропогенного фактора. В качестве таких простых и максимально объективных индикаторов внешнего воздействия нами предложено использовать наряду с общепризнанными ростовыми параметрами также показатели онтогенетической координации роста органов растений. В исследовании последнее понятие охватывает координацию роста основных органов проростка в ходе его формирования. Известно, что ведущим биометрическим индикатором, который характеризует онтогенетическое развитие организма, является отношение длины корня к длине побега (стебля). В современной научной литературе именно этот показатель – надежный параметр влияния факторов окружающей среды на формирующийся растительный организм. Так, изменение показателя отношения длины корня к длине побега было выявлено в ответ на засуху у проростков сосны [1], кукурузы [2] и пшеницы [3, 4]. А.Я. Боме и Н.А. Боме показали, что снижение температуры в период прорастания пшеницы яровой существенно влияло на названный показатель [5]. В ответ на стресс NaCl- засоление зарегистрировали изменение отношения длины корня к длине побега у проростков тритикале [6], высокогорных растений *Chenopodium quinoa* Willd. [7] и сафлоры *Carthamus tinctorius* L. [8]. Известно, что в природных экосистемах растения выделяют в окружающую среду вещества, которые обладают аллелопатическим эффектом, т.е. они способны влиять на рост соседних растений, замедляя или ускоряя его. Обработка проростков сорняка портулака *Portulaca oleraces* L. водным экстрактом растений *Salvia officinalis* L. и полыни белой *Artemisia sieberi* Bess. для выявления их возможного аллелопатического действия показала: экстракты тестируемых растений влияют на длину корней и побегов портулака, на отношение длины корня к длине побега [9].

Отношение длины корня к длине побега эффективно используют не только для оценки уровня ответа растительного организма на действие природных, но антропогенных факторов. Например, экспонирование проростков гороха *Vicia faba* на растворах, содержащих вытяжку из сточных вод городской свалки (экссудат муниципального шлака), выявило не только нарушение роста растений (длины корней и побегов), но и изменения в значениях показателя координации роста основных органов проростка, что свидетельствовало о токсичности тестируемых растворов [10].

В ряде работ показана динамика отношения длины корня к длине побега при докритическом и критическом уровнях стрессового воздействия на растительный организм. Так, дефицит воды приводит к росту этого отношения у проростков *Swietenia macrophylla* King: чем более засушливыми являются условия – тем больше увеличивается длина корней

проростков, а длина побегов при этом уменьшается; однако, при критическом уровне недостатка воды, длина корней также снижается [11]. Загрязнение окружающей среды нефтью приводит к замедлению роста в длину и корней, и побегов *Leucanthemum vulgare*. При этом величина показателя координации роста этих органов увеличивается при концентрации нефти 2,5%–7,5% (w/w), а затем – снижается, при концентрации нефти 10% (w/w) [12].

Анализ приведенных выше работ по онтогенетической координации роста органов пророста в условиях действия разнообразных факторов среды показал, что вопрос мониторинга изменений указанного процесса при формировании нового растительного организма все еще остается открытым. Недостаточно освещены в литературе вопросы описания разновидностей координации органов проростка и их чувствительности к факторам среды, не дана сравнительная характеристика по названному признаку ростовых и координационных процессов в формирующемся растительном организме. В собственных предыдущих исследованиях было показано, что у проростков пшеницы процесс координации роста органов в условиях внешнего воздействия отличается большей стабильностью, чем рост [13, 14].

Таким образом, введение в перечень биометрических параметров, используемых при фитотестировании, показателей, которые связаны с разными видами координацией роста органов и отслеживание их динамики в процессе формирования проростка, позволит более точно оценить степень потенциальной опасности антропогенного фактора для живого тест-объекта.

Методы исследования

В исследовании для получения проростков – фитотеста - использовали семена пшеницы озимой *Triticum aestivum* L. Их проростили по общепринятой методике 2,5 суток при $t=26$ °C на фасованной воде «Малютко» (контроль) и в экспериментальных условиях. Последние охватывали проращивание семян при действии низкой плюсовой температуры (при $t = 7-10$ °C в течение 4 час), на промышленной сточной воде с масло-сырзавода, после суточной обработки семян синтетическим регулятором роста растений – комплексом спирокарбона с янтарной кислотой (СЯ) в концентрациях 10^{-5} (-5) и 10^{-4} (-4) моль/дм³ [15]. Таким образом, в исследовании моделировали действие двух разновидностей факторов среды на процесс формирования проростка: абиотического (температурного) и антропогенных (промышленной сточной воды и синтетического регулятора роста растений). Была использована методика визуальных наблюдений и общепринятые биометрические методики. На 1, 1,5, 2 и 2,5 сутки формирования проростка измеряли длину *главного корня* ($L_{гк}$), *длину coleoptиля* ($L_{к}$), *длину максимально большого придаточного корня* ($L_{дк}$). На основании первичных данных вычислили значения отношений $L_{к}/L_{гк}$, $L_{к}/L_{дк}$, $L_{дк}/L_{гк}$. Первая группа показателей – ростовые параметры, вторая – параметры 3-х видов онтогенетической координации роста органов проростка. Средние значения указанных показателей устанавливали по формуле $x_{cp} \pm t\delta$, достоверность отличий – с помощью t-критерия на репрезентативных объёмах выборок с $p=0,05$. Статистическая обработка выполнена с использованием ресурса Excel.

Результаты и обсуждение

Низкая плюсовая температура. Визуальные наблюдения зафиксировали незначительную задержку роста проростков только на 1 сутки их формирования (рисунок 1).

В таблице 1 приведены обобщённые результаты по длине органов проростка. Статистическая обработка полученных данных показала отсутствие существенных изменений длины ведущих органов проростков в условиях действия абиотического фактора, исключения составил рост придаточных корней.



Рисунок 1 – Проростки *Triticum aestivum* L. на 1 и 2 сутки проращивания: +t – контрольные температурные условия; -t – экспериментальные температурные условия.

Таблица 1 – Динамика ростовых показателей проростков пшеницы озимой во время их формирования в мониторинге кратковременного действия низкой плюсовой температуры

Сутки	Контроль			Эксперимент		
	<i>L гк</i>	<i>L к</i>	<i>L дк</i>	<i>L гк</i>	<i>L к</i>	<i>L дк</i>
1	4,1±0,5	2,2 ±0,2	2,2 ± 0,4	3,7 ± 0,4	2,0 ± 0,2	1,5 ± 0,2° **
1,5	9,3±0,8**	3,6 ±0, 2**	6,6 ± 0,5**	8,3 ± 0,7 **	3,5 ± 0,2 **	5,2 ±0,5° **
2	20,9±1,9**	8,6±0,6**	25,1 ±1,5**	22,4 ± 2,0**	8,8 ± 0,7 **	25,6 ±1,6 **
2,5	24,0±2,4**	12,2±0,9**	30,3±1,7**	24,9 ± 2,0	10,6 ±1,0° **	25,4 ±1,5°

Примечание: ° - значения, достоверные по горизонтали ; ** - значения, достоверные по вертикали

Анализ динамики трёх биометрических показателей, которые характеризуют координацию роста этих органов (таблица 2), свидетельствует о том, что достоверные изменения в динамике показателя *Lк/Lдк* в эксперименте являются более существенными, чем в контроле: он с 1 по 1,5 сутки достоверно отличался от контрольного. Вместе с тем, и в контроле, и в эксперименте с 1 по 2,5 сутки имело место достоверное колебание значений *Lк/Lдк*, что в конце формирования проростков привело к значительному его уменьшению, по сравнению с 1 сутками проращивания в обеих группах проростков. Таким образом, кратковременное действие низкой плюсовой температуры изменило координацию роста coleoptily относительно дополнительных корней: coleoptиль затормозил свой рост относительно этого органа проростка.

Таблица 2 – Динамика показателей координации роста органов проростков пшеницы озимой во время их формирования в мониторинге кратковременного действия низкой плюсовой температуры

Сутки	Контроль			Эксперимент		
	<i>Lк/Lгк</i>	<i>Lк/Lдк</i>	<i>Lдк/Lгк</i>	<i>Lк/Lгк</i>	<i>Lк/Lдк</i>	<i>Lдк/Lгк</i>
1	0,74±0,13	1,27 ± 0,14	0,64 ± 0,12	0,73 ± 0,11	1,49 ± 0,13°	0,54 ± 0,09
1,5	0,44±0,04**	0,61 ± 0,05**	0,80 ± 0,09**	0,47 ± 0,04**	0,69 ± 0,05° **	0,75 ± 0,07**
2	0,46 ± 0,08	0,37 ± 0,03**	1,29 ± 0,14**	0,43 ± 0,07	0,36 ± 0,03**	1,18 ± 0,14 **
2,5	0,54 ± 0,06	0,42 ± 0,03**	1,33± 0,13	0,45 ± 0,04 °	0,42 ± 0,03 **	1,14 ± 0,11 °

Примечание: ° - значения, достоверные по горизонтали ; ** - значения, достоверные по вертикали

Динамика других биометрических показателей процесса координации (*Lк/Lгк* и *Lдк/Lгк*) и контрольных, и экспериментальных групп в ходе формирования проростка была подобной. Достоверные отличия зарегистрированы только в конце периода проращивания. Визуальные наблюдения и мониторинговое исследование проведенное методом фитотестирования, позволили охарактеризовать действие исследованного абиотического фактора на рост и координацию роста органа проростка пшеницы озимой в процессе его формирования:

- Кратковременное действие низкой плюсовой температуры не существенно влияет на рост и координацию органов проростка.
- В указанных условиях только у придаточных корней было выявлено существенного торможение ростовых процессов.
- Из 3-х разновидностей более чувствительной к действию исследуемого фактора была координация роста coleoptilia относительно придаточных корней. В экспериментальной группе проростков достоверные отличия процесса от контрольного регистрировали только на первых стадиях проращивания.
- Выявленная незначительная чувствительность исследуемых процессов к низким плюсовым температурам, по-видимому, обусловлена общими адаптационными свойствами пшеницы озимой к действию данного фактора.

Промышленная сточная вода. Визуальные наблюдения на протяжении всего периода экспозиции за действием антропогенного фактора (промышленной сточной воды) на рост и онтогенетическую координацию роста органов проростков пшеницы озимой зафиксировали замедление роста растений экспериментальной группы по сравнению с контрольной. В ней за это время прогрессивно увеличилось количество поврежденных семян (рисунок 2).



Рисунок 2 – Проростки *Triticum aestivum* L. на 1 и 2,5 сутки проращивания. Где: К – контрольные условия, Е – экспериментальные условия проращивания.

Биометрические данные, которые содержит таблица 3, существенно уточняют сказанное выше. Так, ростовые показатели трех исследованных органов экспериментальных проростков *Tr. aestivum* демонстрируют достоверное снижение значений по сравнению с контрольными в течение всего периода наблюдения.

Таблица 3 – Ростовые показатели проростков *Triticum aestivum* L. во время их формирования в мониторинге действия промышленной сточной воды

Сутки	Контроль			Эксперимент		
	<i>L г.к.</i>	<i>L к.</i>	<i>L д.к.</i>	<i>L г.к.</i>	<i>L к.</i>	<i>L д.к.</i>
1	1,9±0,4	1,8±0,2	1,0±0,0	1,4±0,3°	1,7±0,2	1,1±0,1
1,5	3,3±0,7 **	2,6±0,2 **	3,4±0,6 **	1,9±0,5°	2,1±0,2° **	1,4±0,3°
2	9,5±1,6 **	5,3±0,6 **	13,9±1,5 **	4,7±1,4° **	3,7±0,5 **	7,4±1,4° **
2,5	10,2±2,0	7,3±0,8 **	19,9±2,3 **	7,8±2,0 **	4,9±0,6° **	12,6±2,5° **

Примечание: °- значения, достоверные по горизонтали ; ** - значения, достоверные по вертикали

Полученные результаты свидетельствуют о существенном токсическом воздействии данного антропогенного фактора на этот процесс растительного организма. Анализ динамики показателей, которые отражают координацию роста органов проростков пшеницы озимой в ходе их формирования (таблица 4), показал, что контрольные значения *Lк/Lдк* имели четкую тенденцию к снижению с 1 по 2 сутки. При этом в интервале с 1,5 до 2 суток наблюдалось почти 2-кратное их падение. В экспериментальной группе такая тенденция четко не прослеживалась, что совпадало с достоверными отличиями значений ее *Lк/Lдк* от

контрольных. Динамика значений другого показателя координации $L\delta k/L\zeta k$ свидетельствовала о том, что он с 1 по 2,5 сутки проращивания в контроле показал резкое 7-кратное увеличение значений против приблизительно 2,5-кратного в экспериментальной группе.

Таблица 4 – Показатели координации роста органов проростков *Triticum aestivum* L. в период их формирования в мониторинге действия промышленной сточной воды

Сутки	Контроль			Эксперимент		
	$L\kappa/L\zeta k$	$L\kappa/L\delta k$	$L\delta k/L\zeta k$	$L\kappa/L\zeta k$	$L\kappa/L\delta k$	$L\delta k/L\zeta k$
1	1,17±0,14	1,81± 0,20	0,74 ±0,08	1,46± 0,17 °	1,72± 0,22	0,99± 0,20°
1,5	1,37±0,19	1,13±0,17**	1,51± 0,30**	1,58± 1,17	1,75± 0,14°	0,91 ±0,24°
2	1,63±0,58	0,58±0,13**	2,92 ±0,73**	1,76± 0,36 **	0,93± 0,20 °**	2,70± 0,91**
2,5	2,12±0,60	0,54 ±0,10	4,96± 1,55**	1,35 ±0,31°	1,01± 0,63	2,35± 0,85°

Примечание: °- значения, достоверные по горизонтали ; ** - значения, достоверные по вертикали

Рост значений этого показателя в эксперименте начался только после 1,5 суток проращивания. Обнаруженные изменения статистически достоверны. Проведенное исследование позволило составить характеристику воздействия одной из разновидностей антропогенного фактора среды на рост и координацию роста органов проростка пшеницы озимой в процессе его формирования:

- Промышленная сточная вода крайне негативно воздействовала на рост и координацию роста органов проростков в ходе его формирования у *Tr. aestivum*.

- Мониторинговое исследование продемонстрировало существенное торможение роста всех основных органов проростка в этот период.

- Все исследованные разновидности онтогенетической координации роста органов показали высокий уровень чувствительности к действию данного антропогенного фактора во время формирования проростка.

- Выявленные изменения имели как негативную, так и позитивную направленность в динамике исследуемых показателей этого процесса.

Синтетический стимулятор роста растений. Визуальные наблюдения не обнаружили существенные изменения роста в (-4) группе экспериментальных проростков, в то время как другая группа аналогичных проростков (-5) продемонстрировала некоторое ухудшение роста дополнительных корней и coleoptily по сравнению с контролем. Для конкретизации полученных данных проанализировали динамику биометрических показателей, которые характеризовали рост и координацию роста органов проростков *Tr. aestivum* L. в процессе их формирования после обработки семян двумя концентрациями синтетического комплекса СЯ.



1,5 сутки



2,5 сутки

Рисунок 3 – Проростки *Triticum aestivum* L. на 1,5 и 2,5 сутки проращивания. Где: К – контрольные условия, (-4) – концентрация – 10^{-4} мол/дм³ комплекса СБ, (-5) – концентрация 10^{-5} мол/дм³ комплекса СЯ

Таблицы 5 и 6 содержат такие данные вместе с результатами их статистической обработки. Как свидетельствуют представленные данные таблицы 5, большая концентрация комплекса СЯ не существенно изменила и показатели роста, и параметры координации роста органов проростка. Для первой группы исключения составляют только 1 сутки: экспериментальные значения Лгк и Лк отличались от аналогичных контрольных. Процесс координации оказался еще более устойчивым, чем рост, к действию данного антропогенного фактора: динамика контрольных и экспериментальных показателей 3-х видов координации была аналогичной при формировании проростка. Концентрация комплекса 10–5 моль/дм³ оказала на ростовые процессы и координацию роста органов проростка иное воздействие, чем описанное выше.

Таблица 5 – Обобщённые данные по динамике роста и координации роста органов проростков пшеницы озимой в мониторинге о действия комплекса спирокарбона с янтарной кислотой в концентрации 10–4 моль/дм³

Сутки	Контроль			Эксперимент		
	Л гк	Л к	Л дк	Л гк	Л к	Л дк
Показатели роста основных органов проростков						
1	5,6 ± 0,4	2,5 ± 0,2	2,5 ± 0,3	6,7 ± 0,5°	2,2 ± 0,2°	2,8 ± 0,4
1,5	11,3 ± 1,1 **	3,9 ± 0,3 **	7,4 ± 0,7 **	10,2 ± 1,1 **	3,8 ± 0,2 **	7,8 ± 0,8 **
2	28,6 ± 2,5 **	10,9 ± 0,9 **	26,1 ± 1,8 **	27,3 ± 2,5 **	10,7 ± 0,8 **	26,8 ± 1,6 **
2,5	37,8 ± 3,5 **	18,0 ± 1,2 **	37,7 ± 2,1 **	39,6 ± 3,0 **	17,8 ± 1,3 **	37,7 ± 1,7 **
Показатели координации роста основных органов проростков						
1	0,51 ± 0,06	1,22 ± 0,14	0,49 ± 0,06	0,61 ± 0,11	0,88 ± 0,16°	0,50 ± 0,10
1,5	0,53 ± 0,13	0,65 ± 0,10**	0,93 ± 0,24 **	0,54 ± 0,14	0,60 ± 0,09**	1,09 ± 0,31**
2	0,59 ± 0,21	0,48 ± 0,10**	1,37 ± 0,52	0,58 ± 0,26	0,43 ± 0,05**	1,54 ± 0,67
2,5	0,60 ± 0,13	0,48 ± 0,03	1,31 ± 0,32	0,50 ± 0,06	0,47 ± 0,03	1,10 ± 0,14

Примечание: ° - значения, достоверные по горизонтали ; ** - значения, достоверные по вертикали

Таблица 6 – Обобщённые данные по динамике роста и координации роста органов проростков пшеницы озимой в мониторинге действия комплекса спирокарбона с янтарной кислотой в концентрации 10–5 моль/дм³

Сутки	Контроль			Эксперимент		
	Л к/Л гк	Л к/Л дк	Л дк/Л гк	Л к/Л гк	Л к/Л дк	Л дк/Л гк
Показатели координации роста основных органов проростков						
1	0,51 ± 0,06	1,22 ± 0,14	0,49 ± 0,06	0,49 ± 0,10	1,14 ± 0,13	0,63 ± 0,17
1,5	0,53 ± 0,13	0,65 ± 0,10	0,93 ± 0,24**	0,43 ± 0,16	0,74 ± 0,15**	0,66 ± 0,18
2	0,59 ± 0,21	0,48 ± 0,10	1,37 ± 0,52	0,34 ± 0,11°	0,37 ± 0,07**	1,07 ± 0,15**
2,5	0,60 ± 0,13	0,48 ± 0,03	1,31 ± 0,32	0,70 ± 0,36	0,39 ± 0,04°	1,26 ± 0,21
Показатели роста основных органов проростков						
1	5,6 ± 0,4	2,5 ± 0,2	2,5 ± 0,3	5,5 ± 0,5	1,9 ± 0,1°	2,2 ± 0,3
1,5	11,3 ± 1,1 **	3,9 ± 0,3 **	7,4 ± 0,7 **	11,8 ± 1,1**	2,9 ± 0,2° **	5,2 ± 0,6° **
2	28,6 ± 2,5 **	10,9 ± 0,9 **	26,1 ± 1,8 **	26,9 ± 2,3**	7,6 ± 0,6° **	24,0 ± 1,8 **
2,5	37,8 ± 3,5 **	18,0 ± 1,2 **	37,7 ± 2,1 **	31,6 ± 3,2°**	12,2 ± 1,3°**	31,3 ± 1,8°**

Примечание: ° - значения, достоверные по горизонтали ; ** - значения, достоверные по вертикали

Как свидетельствует таблица 6, она снизила рост органов по сравнению с контролем, особенно существенно у coleoptеля и придаточных корней. Для координации роста органов зафиксированы достоверные отличия на одном из этапов проращивания по 2-х параметрам Лк/Лгк и Лк/Лдк.

Сравнительный анализ данных 2-х выше приведенных таблиц позволил составить характеристику влияния синтетического стимулятора роста *СЯ* – антропогенного фактора среды – на рост и координацию органов пшеницы озимой в процессе его формирования:

- Синтетический регулятор роста растений комплекс спирокарбона с янтарной кислотой в зависимости от концентрации продемонстрировал разную степень негативного воздействия на рост и координацию роста органов проростка *Tr. aestivum* в ходе его формирования.

- Семена, обработанные концентрацией $10\text{--}4$ моль/дм³ *СЯ* формировали проростки, которые по длине и координации роста органов в значительной степени были подобными контрольным. Исключение составила только одна стадия их развития (1 сут.).

- Мониторинговое исследование действия показало существенное торможение роста coleoptily и придаточных корней во время формирования проростка при меньшей концентрации комплекса.

- Онтогенетическая координация роста органов продемонстрировала незначительную чувствительность к действию такой дозы данного антропогенного фактора в процессе формирования проростка.

Далее в исследовании составили сравнительную характеристику действия абиотического и разновидностей антропогенных факторов на рост и онтогенетическую координацию роста органов проростков пшеницы озимой во время их формирования. Ее содержит в схематическом виде таблица 7.

Таблица 7 – Сравнительная характеристика действия факторов различной природы на проростки пшеницы озимой во время их формирования

Параметры		Ростовые			Координации роста органов		
№№	фактор	Lгк	Lк	Lдк	Lк/Lгк	Lк/Lдк	Lдк/Lгк
1	Низкая+t ⁰		-	-М	-	+М	-
2	Промышленная вода	-М	-М	-М	+ М	+М	+М
3	СБ 10^{-4} моль/дм ³	+	-			-	
4	СБ 10^{-5} моль/дм ³	-	-М	-М	-	-	

Примечание: {+} - стимуляция (увеличение), {-} - торможение (уменьшение), {М}- процесса (показателя) в мониторинге формирования проростков пшеницы озимой (мониторинговыми изменениями показателя считали такие, которые имели место на 2-х и более этапах формирования проростка).

Как свидетельствует данная таблица, более высокая концентрация *СЯ* является фактором, который меньше всего влияет на рост и координацию роста органов. Наибольшее воздействие на процесс формирования проростков оказала промышленная вода: её существенному действию в процессе формирования проростков подверглись и рост, и координация роста органов проростков. Другие исследованные факторы имели промежуточный характер влияния на указанные процессы. Данные приведенной таблицы позволяют рассматривать комплекс *СЯ* в концентрации 10^{-4} моль/дм³ как антропогенный фактор с высоким уровнем экологической безопасности, а промышленную сточную воду как фактор среды, оказывающий существенное токсическое воздействие на организм. В целом исследованные факторы по степени возрастания негативного влияния на процессы роста и координации роста органов проростков пшеницы на протяжении их формирования можно проранжировать следующим образом: Промышленная вода > *СЯ* 10^{-5} моль/дм³ > Низкая +t⁰ > *СЯ* 10^{-4} моль/дм³.

Незначительное действие низкой температуры $+t^{\circ}$ на исследуемые процессы, по-видимому, связано с наличием у пшеницы озимой адаптаций к данному фактору. Установленные существенные различия влияния двух концентраций комплекса СЯ вызвано наличием у него биостимулирующих свойств: близкие концентрации способны оказывать разнонаправленное влияние на процессы у растений. Для исследованного комплекса такие свойства были описаны нами в предыдущих публикациях [13, 14].

Таким образом, в исследовании была создана экспресс-методика определения степени негативного воздействия антропогенных факторов на организм с использованием 6 биометрических параметров, которые характеризуют рост и координацию роста органов проростка пшеницы (фитотеста). Она содержит фактор-эталон, оказывающий существенное негативное воздействие на живую систему (промышленная сточная вода), фактор-эталон, который является практически экологически безопасным (синтетический стимулятор роста растений в концентрации 10^{-4} моль/дм³) для организма и их характеристику как совокупности изменений показателей роста и координации роста органов проростка пшеницы озимой в процессе его формирования.

Предметом дальнейших исследований является использование данной методики в скрининге широкого спектра антропогенных факторов среды для выяснения степени их экологической безопасности.

Список литературы:

1. Taeger, S. Effects of temperature and drought manipulations on seedlings of Scots pine provenances / S. Taeger, T.H. Sparks, A. Menzel // *Plant Biol. (Stuttg.)*. – 2014. Sep 26. – P.12245.
2. Ma, X.F. Effects of water deficit at seedling stage on maize root development and anatomical structure / X.F. Ma, T Yu., L.H. Wang, X. Shi, L.X. Zheng, M.X. Wang, Y.Q. Yao, H.J. Cai // *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao.* – 2010. – Vol. 21(7). – P. 1731–1736.
3. Dai, M. Effects of water stress on protein expression and physiological properties of different genotype wheat (*Triticum aestivum* L.) sprouts / M. Dai, X.P. Deng, S.S. Yang, R. Cao, H.B. Guo, F. Zhang // *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao.* – 2009. – Vol. 20(9). – P. 2149–2156.
4. Khan, A.S. Genetic variability and correlation among seedling traits of wheat (*Triticum aestivum*) under water stress / A.S. Khan, S.U. Allah, S. Sadique // *Int. J. Agricult.Biol.* – 2010.
5. Боме, А.Я. Реакция сортов мягкой яровой отечественной и зарубежной селекции на пониженные температуры / А.Я. Боме, Н.А. Боме // *Современные наукоемкие технологии.* – 2006. – № 6 – С. 61–62.
6. Kaydan, D. Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl / D. Kaydan, M. Yagmur // *African J. Biotechn.* – 2008. – Vol. 7(16). – P. 2862–2868.
7. Ruiz-Carrasco, K. Variation in salinity tolerance of four lowland genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as assessed by growth, physiological traits, and sodium transporter gene expression / K. Ruiz-Carrasco, F. Antognoni, A.K. Coulibaly, S. Lizardi, A. Covarrubias, A. Martínez, M.A. Molina-Montenegro, S. Biondi, A. Zurita-Silva // *Plant Physiol Biochem.* – 2011. – Vol. 49(11). – P. 1333–1341.
8. Khodadad, M. An evaluation of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.), seed germination and seedlings characters in salt stress conditions / M. Khodadad // *African J. Agricult. Res.* – 2011. – Vol. 6(7). – P. 1667–1672.
9. Pirzad, A. Allelopathy of sage and white wormwood on purslane germination and seedlings growth / A. Pirzad, V. Ghasemian, R. Darvishzadeh, M. Sedgh, A. Hassani, A. Onofri // *Not. Sci. Biol.* – 2010. – Vol. 2(3). – P. 91–95.
10. Srivastava, R. Ecotoxicological evaluation of municipal sludge / R. Srivastava, A. Tewari, L.K. Chauhan, D. Kumar, S.K. Gupta // *Altern. Lab. Anim.* – 2005. – Vol. 33(1). – P. 21–27.

11. Horta, L.P. Organ-coordinated response of early post-germination mahogany seedlings to drought / L.P. Horta, M.R. Braga, J.P. Lemos-Filho, L.V. Modolo // *Tree Physiol.* – 2014. – Vol. 34(4). – P. 355–366.
12. Noori, A.S. *Leucanthemum vulgare* lam. germination, growth and mycorrhizal symbiosis under crude oil contamination / A.S. Noori, H.Z. Maivan, E. Alaie // *Int J. Phytoremediation.* – 2014. – Vol. 16(7-12). – P. 962–970.
13. Сидорович М.М., Кундельчук О.П., Воронова Е.А. Определение уровня экологической безопасности комплекса спирокарбона с янтарной кислотой при помощи фитотестов / Макарова А.Д. // Сборник научных трудов Sword.– Иваново. 2013. – Выпуск 3. Том 43. – С. 46–54.
14. Баканча, М.В. Визначення біостимулюючих властивостей хімічних речовин з класу біциклічних бісечовин засобами фітотестування / М.В. Баканча, А.О. Гладков, М.М. Сидорович // Біологічні дослідження – 2015: Збірник наукових праць. – Житомир: ПП «Рута», 2015. – С. 225–228.
15. Речицкий, О.Н. Дослідження на рослинних об'єктах рістрегулюючої активності спирокарбону та його похідних / О.Н. Речицкий, Л.Л. Пилипчук // Чорноморський ботанічний журнал. – 2010. – Т. 6. – № 1. – С. 89–94.

MONITORING OF ENVIRONMENTAL FACTORS IMPACT ON THE GROWTH AND DEVELOPMENTAL COORDINATION OF WHEAT SEEDLING ORGANS BY THE METHOD OF PHYTOTESTING

M.M. Sidorovich, O.P. Kundelchuk

Kherson State University, Kherson, Ukraine

e-mail:marinasidorovich1@yandex.ua, kundelchuk@univ.kiev.ua

Annotation. In the article possibility of the use is described 6 biometric parameters of plantlet of wheat winter-annual for creation express of methodology of determination of ecological safety of anthropogenic factor of environment. She contains a factor-standard that renders the substantial negative affecting living system. A factor-standard that is practically ecologically safe for an organism is driven to her. The article contains also totality of changes of indexes of height and co-ordination of height of organs of plantlet of wheat in the process of his forming in the conditions of action of these factors.

Keywords: height, ontogenetic co-ordination of height of organs of plantlet, anthropogenic factor of environment, biometric indexes of fitotest.