

УКД 634.37(043.2)

Сидорович М.М., Кундельчук О.П.

**РОСТ И ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ КООРДИНАЦИЯ РОСТА  
ОРГАНОВ ПРОРОСТКА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ В УСЛОВИЯХ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ: МОНИТОРИНГ  
ПРОЦЕССОВ**

Херсонский государственный университет  
e-mail: marinasidorovich1@yandex.ua

*Ключевые слова:* рост, онтогенетическая координация роста органов проростка, антропогенный фактор среды, биометрические показатели фитотеста.

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, фактор-эталон, 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 [15], кукурузы [10] и пшеницы [5,8]. А.Я. Боме и Н.А. Боме показали, что снижение температуры в период прорастания пшеницы яровой существенно влияло на названный показатель [2]. В ответ на стресс NaCl- засоление зарегистрировали изменение отношения длины корня к длине побега у проростков тритикале [8], высокогорных растений *Chenopodium quinoa Willd.* [13] и сафлоры *Carthamus tinctorius L.* [9]. 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 [12].

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 [14].

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 отношение 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 [6]. 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) [11].

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 [1,4].

Таким образом, введение в перечень биометрических параметров, используемых при фитотестировании, показателей, которые связаны с разными видами координацией роста органов и отслеживание их динамики

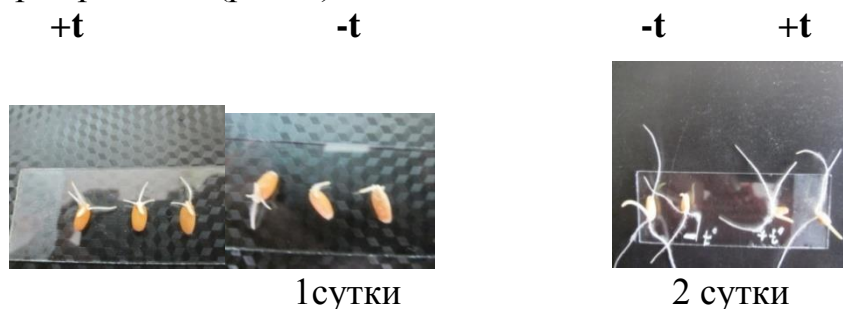
в процессе формирования проростка, позволит более точно оценить степень потенциальной опасности антропогенного фактора для живого тест-объекта.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании для получения проростков – фитотеста - использовали семена пшеницы озимой *Triticum aestivum* L. Их проростили по общепринятой методике 2,5 суток при  $t=26^{\circ}\text{C}$  на фасованной воде “Малютко” (контроль) и в экспериментальных условиях. Последние охватывали проращивание семян при действии низкой плюсовой температуры (при  $t = 7-10^{\circ}\text{C}$  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/дм<sup>3</sup> (Речицкий, Пилипчук, 2010). 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<sub>гк</sub>*), длину coleoptilya (*L<sub>к</sub>*), длину максимально большого придаточного корня (*L<sub>дк</sub>*). На основании первичных данных вычислили значения отношений *L<sub>к</sub>/L<sub>гк</sub>*, *L<sub>к</sub>/L<sub>дк</sub>*, *L<sub>дк</sub>/L<sub>гк</sub>*. Первая группа показателей – ростовые параметры, вторая – параметры 3-х видов онтогенетической координации роста органов проростка. Средние значения указанных показателей устанавливали по формуле  $x_{\text{ср.}} \pm t\delta$ , достоверность отличий – с помощью t-критерия на репрезентативных объёмах выборок с  $p=0,05$ . Статистическая обработка выполнена с использованием ресурса Excel.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

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



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

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.

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°

°- значения, достоверные по горизонтали ; \*\* - значения, достоверные по вертикали

Анализ динамики трёх биометрических показателей, которые характеризуют координацию роста этих органов (см. табл. 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.

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

°- значения, достоверные по горизонтали; \*\* - значения, достоверные по вертикали

Таким образом, кратковременное действие низкой плюсовой температуры изменило координацию роста coleoptily относительно дополнительных корней: coleoptиль затормозил свой рост относительно этого органа проростка. 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:

1. Кратковременное действие низкой плюсовой температуры не существенно влияет на рост и координацию органов проростка.

2. В указанных условиях только у придаточных корней было выявлено существенного торможение ростовых процессов.

3. Из 3-х разновидностей более чувствительной к действию исследуемого фактора была координация роста coleoptily относительно придаточных корней. В экспериментальной группе проростков достоверные отличия процесса от контрольного регистрировали только на первых стадиях проращивания.

4. 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 (см. рис. 2).



1 сутки



2,5 сутки



повреждённые проростки в Е

**Рис. 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. 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 (см. табл. 4), показал, что контрольные значения  $L_k/L_{dk}$  имели чёткую 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  $L_k/L_{dk}$  от контрольных.

Таблица 3

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

Сутки	Контроль			Эксперимент		
	$L_{гк}$	$L_k$	$L_{dk}$	$L_{гк}$	$L_k$	$L_{dk}$
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 ° **

° - значения, достоверные по горизонтали; \*\* - значения, достоверные по вертикали.

Таблица 4

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

сутки	Контроль			Эксперимент		
	$L_k/L_{гк}$	$L_k/L_{dk}$	$L_{dk}/L_{гк}$	$L_k/L_{гк}$	$L_k/L_{dk}$	$L_{dk}/L_{гк}$
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°

° - значения, достоверные по горизонтали; \*\* - значения, достоверные по вертикали.

Динамика значений другого показателя координации  $L_{dk}/L_{гк}$  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. 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:

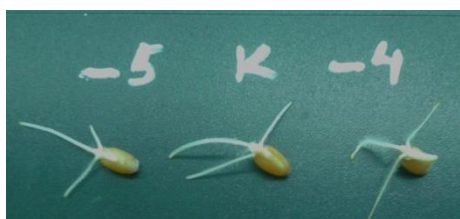
1. Промышленная сточная вода крайне негативно воздействовала на рост и координацию роста органов проростков в ходе его формирования у *Tr. aestivum*.

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

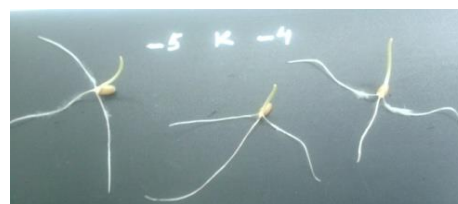
3. Все исследованные разновидности онтогенетической координации роста органов показали высокий уровень чувствительности к действию данного антропогенного фактора во время формирования проростка.

4. 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 coleoptilya по сравнению с контролем. Для



1,5 сутки



2,5 сутки

**Рис. 3. Проростки *Triticum aestivum* L. на 1,5 и 2,5 сутки проращивания.**

Где: К – контрольные условия, (-4) – концентрация –  $10^{-4}$  мол/дм<sup>3</sup> комплекса СБ, (-5) – концентрация  $10^{-5}$  мол/дм<sup>3</sup> комплекса СЯ

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. 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  $L_{гк}$  и  $L_{к}$  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  $10^{-5}$  мол/дм<sup>3</sup> оказала на ростовые процессы и координацию роста органов проростка иное воздействие, чем описанное выше. Как свидетельствует таблица 6, она снизила рост органов по сравнению с контролем, особенно существенно у coleoptilya и придаточных корней. Для координации роста органов зафиксированы достоверные отличия на одном из этапов проращивания по 2-х параметрам  $L_{к}/L_{гк}$  и  $L_{к}/L_{дк}$ .

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<sup>-4</sup> моль/дм<sup>3</sup>**

Показатели роста основных органов проростков						
Сутки	Контроль			Эксперимент		
	L гк	L к	L дк	L гк	L к	L дк
1	5,6 ± 0,4	2,5 ± 0,2	2,5 ± 0,3	6,7 ± 0,5 <sup>o</sup>	2,2 ± 0,2 <sup>o</sup>	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						
Сутки	Контроль			Эксперимент		
	L гк	L к	L дк	L гк	L к	L дк
1	0,51 ± 0,06	1,22 ± 0,14	0,49 ± 0,06	0,61 ± 0,11	0,88 ± 0,16 <sup>o</sup>	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

<sup>o</sup> - 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<sup>-5</sup> моль/дм<sup>3</sup>**

Показатели роста основных органов проростков						
Сутки	Контроль			Эксперимент		
	L гк	L к	L дк	L гк	L к	L дк
1	5,6 ± 0,4	2,5 ± 0,2	2,5 ± 0,3	5,5 ± 0,5	1,9 ± 0,1 <sup>o</sup>	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 <sup>o</sup> **	5,2 ± 0,6 <sup>o</sup> **
2	28,6 ± 2,5**	10,9 ± 0,9**	26,1 ± 1,8**	26,9 ± 2,3**	7,6 ± 0,6 <sup>o</sup> **	24,0 ± 1,8 **
2,5	37,8 ± 3,5**	18,0 ± 1,2**	37,7 ± 2,1**	31,6 ± 3,2 <sup>o</sup> **	12,2 ± 1,3 <sup>o</sup> **	31,3 ± 1,8 <sup>o</sup> **
Показатели координации роста основных органов проростков						
Сутки	Контроль			Эксперимент		
	L гк	L к	L дк	L гк	L к	L дк
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 <sup>o</sup>	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 <sup>o</sup>	1,26 ± 0,21

<sup>o</sup> - значения, достоверные по горизонтали; \*\* - значения, достоверные по вертикали.

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:



1. 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.

2. Семена, обработанные концентрацией  $10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup> 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.).

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

4. 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. 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.

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 <sup>0</sup>		-	-M	-	+M	-
2	Промышленная вода	-M	-M	-M	+ - M	+M	+ - M
3	СБ $10^{-4}$ моль/дм <sup>3</sup>	+	-			-	
4	СБ $10^{-5}$ моль/дм <sup>3</sup>	-	-M	-M	-	-	

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

Другие исследованные факторы имели промежуточный характер влияния на указанные процессы. Данные в указанной таблице позволяют рассматривать комплекс СЯ в концентрации  $10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup> 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/дм<sup>3</sup> > Низкая +t° > СЯ  $10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup>**

Незначительное действие низкой температуры +t° 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 (Сидорович и др.,2013; Баканча и др.,2015).

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/дм<sup>3</sup>) 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.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Баканча М.В., Гладков А.О., Сидорович М.М. Визначення біостимулюючих властивостей хімічних речовин з класу біциклічних бісечовин засобами фітотестування // Біологічні дослідження - 2015: Збірник наукових праць. – Житомир: ПП «Рута»,2015. – С. 225-228.
2. Боме А.Я., Боме Н.А. Реакция сортов мягкой яровой отечественной и зарубежной селекции на пониженные температуры // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 6 – С. 61-62.
3. Речицький О.Н., Пилипчук Л.Л. Дослідження на рослинних об'єктах рістрегулюючої активності спірокарбону та його похідних // Чорноморський ботанічний журнал. – 2010. – Т. 6. – № 1. – С. 89-94.
4. Сидорович М.М., Кундельчук О.П., Воронова Е.А. Определение уровня экологической безопасности комплекса спирокарбона с янтарной кислотой при помощи фитотестов // Сборник научных трудов Sword. – Выпуск 3. Том 43. – Иваново: Макарова А.Д., 2013. – Цит: 313-0563. – С. 46-54.

5. Dai M., Deng X.P., Yang S.S., Cao R., Guo H.B., Zhang F. Effects of water stress on protein expression and physiological properties of different genotype wheat (*Triticum aestivum* L.) sprouts // *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao.* – 2009. – Vol. 20(9). – P. 2149-2156.
6. Horta L.P., Braga M.R., Lemos-Filho J.P., Modolo L.V. Organ-coordinated response of early post-germination mahogany seedlings to drought // *Tree Physiol.* – 2014. – Vol. 34(4). – P. 355-366. doi: 10.1093/treephys/tpu017.
7. Kaydan D., Yagmur M. Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl // *African J. Biotechn.* – 2008. – Vol. 7(16). – P. 2862-2868.
8. Khan A.S., Allah S.U., Sadique S. Genetic variability and correlation among seedling traits of wheat (*Triticum aestivum*) under water stress // *Int. J. Agricult. Biol.* – 2010. ISSN Print: 1560-8530; ISSN Online: 1814-9596 09-390/MMI/2010/12-2-247-250. <http://www.fspublishers.org>
9. Khodadad M. An evaluation of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.), seed germination and seedlings characters in salt stress conditions // *African J. Agricult. Res.* – 2011. – Vol. 6(7). – P. 1667-1672.
10. Ma X.F., Yu T., Wang L.H., Shi X., Zheng L.X., Wang M.X., Yao Y.Q., Cai H.J. Effects of water deficit at seedling stage on maize root development and anatomical structure // *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao.* – 2010. – Vol. 21(7). – P. 1731-1736.
11. Noori A.S., Maivan H.Z., Alaie E. *Leucanthemum vulgare* lam. germination, growth and mycorrhizal symbiosis under crude oil contamination // *Int J. Phytoremediation.* – 2014. – Vol. 16(7-12). – P. 962-970.
12. Pirzad A., Ghasemian V., Darvishzadeh R., Sedgh M., Hassani A., Onofri A. Allelopathy of sage and white wormwood on purslane germination and seedlings growth // *Not. Sci. Biol.* – 2010. – Vol. 2(3). – P. 91-95.
13. Ruiz-Carrasco K., Antognoni F., Coulibaly A.K., Lizardi S., Covarrubias A., Martínez E.A., Molina-Montenegro M.A., Biondi S., Zurita-Silva A. Variation in salinity tolerance of four lowland genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as assessed by growth, physiological traits, and sodium transporter gene expression // *Plant Physiol Biochem.* – 2011. – Vol. 49(11). – P. 1333-1341. doi: 10.1016/j.plaphy.2011.08.005.
14. Srivastava R., Tewari A., Chauhan L.K., Kumar D., Gupta S.K. Ecotoxicological evaluation of municipal sludge // *Altern. Lab. Anim.* – 2005. – Vol. 33(1). – P. 21-27.
15. Taeger S., Sparks T.H., Menzel A. Effects of temperature and drought manipulations on seedlings of Scots pine provenances // *Plant Biol. (Stuttg.)* – 2014. Sep 26. doi: 10.1111/plb.12245.

Сидорович М.М., Кундельчук О.П.

**РОСТ И ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ КООРДИНАЦИЯ РОСТА  
ОРГАНОВ ПРОРОСТКА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ В УСЛОВИЯХ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ: МОНИТОРИНГ  
ПРОЦЕССОВ**

*Ключевые слова:* рост, онтогенетическая координация роста органов проростка, антропогенный фактор среды, биометрические показатели фитотеста

В статье описана возможность использования 6 биометрических параметров проростка пшеницы озимой для создания экспресс методики определения экологической безопасности антропогенного фактора среды. Она содержит фактор-эталон, оказывающий существенное негативное воздействие на живую систему; фактор-эталон, который является практически экологически безопасным для организма, и их характеристику как совокупности изменений показателей роста и координации роста органов проростка пшеницы в процессе его формирования.

Сидорович М.М. , Кундельчук О.П.

**РІСТ ТА ОНТОГЕНЕТИЧНА КООРДИНАЦІЯ РОСТУ ОРГАНІВ  
ПРОРОСТКА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ  
СЕРЕДОВИЩА: МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСІВ**

*Ключові слова:* ріст, онтогенетична координація росту органів проростка, антропогенний фактор середовища, біометричні показники фітотеста.

В даній статті описана можливість використання 6 біометричних параметрів проростка пшениці озимой для створення експрес методики визначення екологічної безпеки антропогенного чинника середовища. Вона містить фактор-еталон, що робить істотний негативний вплив на живу систему; фактор-еталон, який є практично екологічно безпечним для організму, і їх характеристику як сукупності змін показників зростання і координацію росту органів проростка пшениці в процесі його формування.