

## ВЛИЯНИЕ $10^{-5}$ - $10^{-19}$ М ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СИЛАТРАНОВ И КРЕЗАЦИНА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ

М. Г. Воронков<sup>1</sup>, Г. Долмаа<sup>2</sup>, Ш. Цэрэнпил<sup>2</sup>,

А. Чимидцогзол<sup>2</sup>, Л.Е. Макарова<sup>3</sup>, М.Баярмаа<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения,  
Российской академии Наук, 664033, Иркутск, ул. Фаворского, e-mail: voronkov@irioch.irk.ru

<sup>2</sup> Институт химии и химической технологии Академии наук Монголии e-mail: gania\_dolmaa@yahoo.com

<sup>3</sup> Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения, Российской академии  
Наук, e-mail: makarova@sifibr.irk.ru

Изучено влияние  $10^{-5}$  -  $10^{-19}$  М растворов 1-метилсилатрана (МС), 1-хлорметилсилатрана (ХМС), 1-этоксилатрана (ЭС) и крезацина на прорастание семян пшеницы. При действии таких растворов МС, ХМС, ЭС и крезацина прирост проросших семян числа в течение 6 суток альтернированно повышается от двух до двадцати шести процентов. Наиболее эффективна концентрации растворов МС  $10^{-6}$  М, ХМС  $10^{-9}$  М, ЭС  $10^{-15}$  М (!) и крезацина  $10^{-7}$  М и  $10^{-17}$  М (!). Тем не менее, при обработке семян даже  $10^{-19}$  М растворами МС, ХМС, ЭС и крезацина всхожесть семян оказывается выше, чем в контроле. Полученные данные убедительно свидетельствуют об эффективности нано-пикомолярных (сверхнизких доз), изученных рострегулирующих соединений и альтернированной зависимости их активности от концентрации.

Е.Б. Бурлаковой и ее научной школой систематически исследуется действие сверхмалых доз ( $10^{-12}$  М и ниже) биологически активных веществ на живые организмы (Бурлакова и др., 1994, 1996, 2003). При этом выявлено не монотонное, а альтернирующее (полимодальное) влияние сверх малых доз ( $10^{-14}$ - $10^{-18}$  М растворов) разнообразных биологически активных веществ (канцеростатики, радиопротекторы, нейротропы, гормоны, адаптогены, антиоксиданты, антибиотики, иммуномодуляторы, регуляторные пептиды, ингибиторы и регуляторы роста растений) на живые организмы, отдельные органы и клетки (Сазанов и др., 1992; Бурлакова и др., 1994, 2003). В частности, установлено, что некоторые производные 3,6-дихлорпиколиновой кислоты активируют рост семян пшеницы в очень широком диапазоне концентраций от  $10^{-4}$  до  $10^{-14}$  М (Бурлакова и др., 1996).

Бурно развивающимся исследованиям в этой области были посвящены на состоявшемся в 2008 году в Москве IV международном симпозиуме «Механизмы действия сверхмалых доз» 89 докладов в сборнике тезисов, которые опубликованы издательством Российского университета Дружбы народов.

Результаты всех этих исследований побудили нас изучить стимулирующее влияние на всхожесть семян пшеницы  $10^{-5}$ - $10^{-19}$  М водных растворов 1-метилсилатрана (МС), 1-(хлорметил)силатрана (ХМС), 1-этоксилатрана (ЭС), отвечающих общей формуле  $XSi(OCH_2CH_2)_3N$  ( $X=CH_3$ ,  $ClCH_2$ ,  $C_2H_5O$ , соответственно) (Воронков, Барышок и др., 2005, 2005) и 2-метилоксиацетокси-2,8,9-тригидропротатрана - крезацина  $2-CH_3C_6H_4CH_2COO-$

$[\text{HN}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_3]^+$ , разработанных в Иркутском институте органической химии СО АН СССР. Все они являются эффективными, практически нетоксичными и экологически безопасными стимуляторами роста и продуктивности сельскохозяйственных растений (Воронков и др., 1980, 2005, 2005; Макарова и др., 2006; Платонова и др., 1976; Сазанов и Зайцев, 1992; Сваринская и др., 1978; Скорнякова и др., 1980; Старова и др., 1981; Ханходжаева, Воронков, 1993).

Эти биостимуляторы – силатраны и крезацин являются производными триэтаноламина. Их объединяет атрановая структура, наличие в молекулах МС, ХМС, ЭС силатрановой группировки -  $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}$ , а в крезацине - катиона 2,8,9-тригидропротатрана  $(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_3\text{HN}^+$  (Старова и др., 1981; Шкловер и др., 1983).

Ранее нами установлено, что обработка семян ячменя растворами МС ( $5 \cdot 10^{-6}$  М), ХМС ( $10^{-7}$  М) и крезацина ( $10^{-4}$  М) повышает их всхожесть на 16, 19 и 25% соответственно, по сравнению с контролем. Примечательно, что при понижении концентрации растворов ХМС от  $10^{-4}$  до  $10^{-7}$  М всхожесть семян ячменя оказывается выше, чем в контроле на 10 и 19% соответственно (Воронков и др., 2005).

Усиление стимулирующего действия водных растворов ХМС с понижением их концентрации и побудило нас изучить влияние  $10^{-5}$  -  $10^{-19}$  М растворов выше названных регуляторов роста растений на всхожесть семян пшеницы.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом нашего предварительного исследования, проведенного в 2004 году, явились семена пшеницы сорта «Orkhon», выращенного в 2003 г. в центральных земледельческих зонах Монголии. По принятой в лаборатории Института химии и химической технологии (Монголия) методике, после стерилизации 1 % раствором перманганата калия и выдерживания 12 часов в дистиллированной воде, семена погружались на 24 часа в водный раствор МС, ХМС, ЭС и крезацина в заданной концентрации, а в контроле – в дистиллированную воду. Необходимость такой процедуры диктовалась низкой набухаемостью семян вследствие чрезвычайно жарких и засушливых весны и лета в сельскохозяйственных районах Монголии, а также очень низкого атмосферного давления (обычно ниже 650 мм.).

Растворы изучаемых биостимуляторов с логарифмически снижающейся от  $10^{-5}$  до  $10^{-19}$  М концентрацией готовили методом последовательного разведения. Исходными являлись  $10^{-5}$  М растворы исследуемых биостимуляторов в дистиллированной воде, а в случае плохо растворимого МС –  $0,6 \cdot 10^{-5}$  М раствор. При этом 100 мл исходного  $10^{-5}$  М раствора тщательно смешивали с 900 мл дистиллированной воды. К 100 мл, полученного таким образом,  $10^{-6}$  М раствора вновь добавляли 900 мл дистиллированной воды и т.д.

Мольная концентрация ( $C_m$ ) всех изученных растворов выражается следующим

соотношением.

$$C_m = M_0 \cdot 10^{-n},$$

где  $M_0$  – молярная концентрация исследуемого вещества (моль·л<sup>-1</sup>) в исходном растворе,  $n$  – число разбавлений этого раствора по вышеприведенной схеме.

Молярная концентрация ( $C_m$ , моль·л<sup>-1</sup>) пересчитывалась в концентрацию в массовых процентах ( $C_m$ , мас.%) по формуле:

$$C_m = 0,1 \cdot m \cdot C_m,$$

где  $m$  – молекулярная масса исследуемого вещества.

После указанной обработки растворами исследованных биостимуляторов заданной концентрации, по 50 семян помещались в чашки Петри на несколько слоев смоченной дистиллированной водой фильтровальной бумаги и оставлялись при комнатной температуре (днем – на рассеянном свете, ночью – в темноте) на 6 суток. Бумажная подложка ежедневно смачивалась дистиллированной водой. На 1, 3, 5 и 6 дни определяли число проросших семян, а на шестой день также – длину корней и надземной частей. Полученные при этом данные отражены в табл. 1, где приведены средние показатели и стандартные отклонения для них из 3-х независимых экспериментов, выполненных в 3-х параллельных повторностях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что при обработке семян пшеницы водными растворами МС при уменьшении их концентрации от  $10^{-5}$  до  $10^{-15}$  М всхожесть семян в течение 6 суток альтернировано (зигзагообразно) понижается, но все же оказывается выше, чем в контроле от  $24 \pm 2$  до  $2 \pm 0$  %. Однако при ещё более низких концентрациях  $10^{-17}$  и  $10^{-19}$  М всхожесть семян повышается на  $14 \pm 1$  и  $13 \pm 1$  % соответственно сравнительно с контролем (табл.1).

При понижении концентрации растворов ХМС с  $10^{-6}$  М до  $10^{-11}$  М всхожесть семян альтернировано уменьшается от  $20 \pm 1$  до  $7 \pm 1$  %. Однако как и при использовании МС всхожесть семян, обработанных  $10^{-17}$  и  $10^{-19}$  М растворами ХМС в течение 6 суток выше, чем в контроле на  $15 \pm 1$  % и  $13 \pm 1$ %. Примечательно, что при обработке семян  $10^{-17}$  и  $10^{-19}$  М растворами крезацина всхожесть семян оказывается выше, чем в контроле на  $25 \pm 2$  и  $23 \pm 2$  % соответственно. Таким образом, растворы крезацина исчезающе малых концентраций  $10^{-17}$  и  $10^{-19}$  М ( $3,1 \cdot 10^{-16}$  и  $3,1 \cdot 10^{-18}$  мас.%) повышают всхожесть семян столь же эффективно, как его микромолекулярный  $10^{-7}$  М раствор.

*Таблица 1. Влияние концентрации водных растворов 1-метилсилатрана (МС),*

*I-хлорметилсилатрана (ХМС) и крезацина на скорость прорастания зерен пшеницы и рост их проростков.*

Био- сти- мулятор	Концентрация		Прирост числа проросших семян за 6 суток по сравнению с контролем, %	Прирост длины корней через 6 суток по сравнительно с контролем, мм	Прирост длины надземной части через 6 суток по сравнению с контролем, мм
	См, моль·л <sup>-1</sup>	См, %			
МС	0.6·10 <sup>-5</sup>	1.3·10 <sup>-4</sup>	22±2	22±3	22 ±3
	0.6·10 <sup>-6</sup>	1.3·10 <sup>-5</sup>	24±2	9 ±1	5±1
	0.6·10 <sup>-7</sup>	1.3·10 <sup>-6</sup>	14 ±1	21 ±3	11 ±1
	0.6·10 <sup>-9</sup>	1.3·10 <sup>-8</sup>	20 ±1	22 ±3	21 ±2
	0.6·10 <sup>-11</sup>	1.3·10 <sup>-10</sup>	10 ±1	9 ±1	7 ±1
	0.6·10 <sup>-13</sup>	1.3·10 <sup>-12</sup>	14 ±1	2 ±0	2 ±0
	0.6·10 <sup>-15</sup>	1.3·10 <sup>-14</sup>	2 ±0	5 ±1	1 ±0
	0.6·10 <sup>-17</sup>	1.3·10 <sup>-16</sup>	14 ±1	5 ±1	4 ±1
	0.6·10 <sup>-19</sup>	1.3·10 <sup>-18</sup>	13 ±1	5 ±1	4 ±0
ХМС	10 <sup>-6</sup>	2.2·10 <sup>-5</sup>	17 ±1	24 ±3	11 ±1
	10 <sup>-7</sup>	2.2·10 <sup>-6</sup>	19±1	12 ±1	12 ±1
	10 <sup>-8</sup>	2.2·10 <sup>-7</sup>	14±1	29±4	24 ±2
	10 <sup>-9</sup>	2.2·10 <sup>-8</sup>	20±1	23 ±3	25 ±3
	10 <sup>-11</sup>	2.2·10 <sup>-10</sup>	7 ±1	6 ±1	2 ±0
	10 <sup>-13</sup>	2.2·10 <sup>-12</sup>	10 ±1	3 ±0	3±0
	10 <sup>-15</sup>	2.2·10 <sup>-14</sup>	12 ±1	4±1	5 ±1
	10 <sup>-17</sup>	2.2·10 <sup>-16</sup>	15 ±1	6 ±1	6 ±1
	10 <sup>-19</sup>	2.2·10 <sup>-18</sup>	13 ±1	5 ±1	4 ±1
Крезацин	10 <sup>-6</sup>	3.1·10 <sup>-5</sup>	18 ±1	27±3	27±3
	10 <sup>-7</sup>	3.1·10 <sup>-6</sup>	26±3	14 ±2	6 ±1
	10 <sup>-8</sup>	3.1·10 <sup>-7</sup>	24±2	17 ±2	14 ±2
	10 <sup>-9</sup>	3.1·10 <sup>-8</sup>	16 ±1	4±0	2 ±0
	10 <sup>-11</sup>	3.1·10 <sup>-10</sup>	7 ±1	6 ±1	3±0
	10 <sup>-13</sup>	3.1·10 <sup>-12</sup>	7 ±1	4±1	7±1
	10 <sup>-15</sup>	3.1·10 <sup>-14</sup>	2 ±0	5 ±1	3 ±0
	10 <sup>-17</sup>	3.1·10 <sup>-16</sup>	25 ±2	6±1	5±1
	10 <sup>-19</sup>	3.1·10 <sup>-18</sup>	23 ±2	4 ±0	5±1

*Примечание: Средняя длина корней исходных (контрольных) растений составляла 14±1 мм.  
Средняя длина надземной части исходных (контрольных) растений - 9 ±1 мм.*

Аналогичные результаты получены при изучении влияния таких рострегулирующих

средств, как ДХПК и Лонтрел на прорастание семян пшеницы и гороха (Бурлакова и др., 1996).

В целом не только всхожесть семян, но и длина корней и их надземная часть немонокотонно зависят от концентрации растворов изученных биостимуляторов.

На шестые сутки проращивания семян зависимость средней длины растущих корней от концентрации растворов МС, ХМС, и крезацина также является альтернирующей. Их максимальный стимулирующий эффект (на  $22\pm3$ ;  $29\pm4$  и  $27\pm3$  мм, соответственно) проявляется в той же последовательности в концентрациях  $0,6\cdot 10^{-9}$ ,  $10^{-8}$ ,  $10^{-6}$  М (табл. 1).

При обработке семян растворами МС ( $0,6\cdot 10^{-5}$ ,  $0,6\cdot 10^{-9}$  М), ХМС ( $10^{-9}$  М), и крезацина ( $10^{-6}$  М) средняя длина органов надземной части на шестой сутки проращивания оказывается больше, чем в контроле соответственно на  $22\pm3$ ;  $21\pm2$ ;  $25\pm3$  и  $27\pm3$  мм (табл. 1). Дальнейшее разбавление этих растворов снижает стимулирующий эффект, но даже при действии  $10^{-19}$  М растворов этих биостимуляторов средняя длина надземной части оказывается больше, чем в контроле на  $4\pm0$ ;  $4\pm1$  и  $5\pm1$  мм, соответственно. Важным параметром, характеризующим прорастание семян, на который обычно обращают мало внимания, является скорость этого процесса.

Скорость прорастания семян пшеницы, обработанных водными растворами МС, ХМС и крезацина оптимальной концентрации:  $0,6\cdot 10^{-9}$  М,  $10^{-9}$  М,  $10^{-7}$  и  $10^{-17}$  М иллюстрируется рис 1.

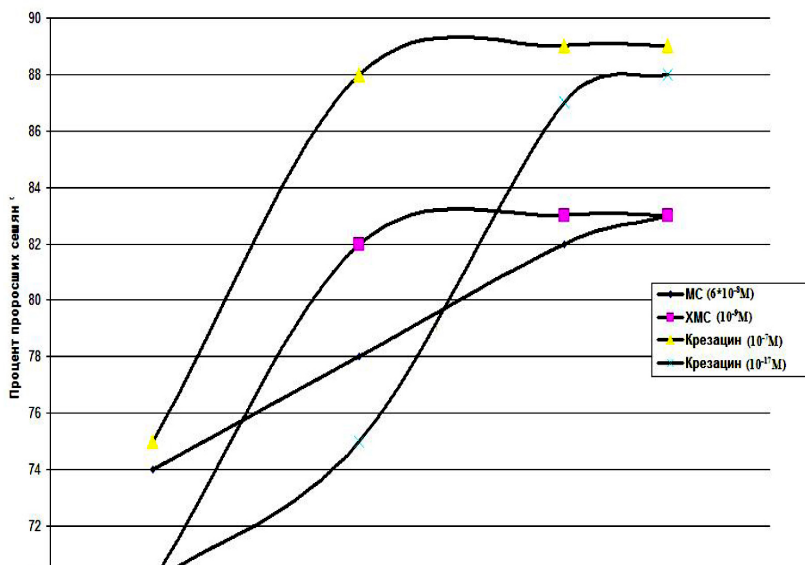


Рис.1. Скорость прорастания семян пшеницы, обработанных раствором оптимальной концентрации МС, ХМС и крезацина во времени (в течение 6 суток) По оси ординат указана скорость прорастания семян, установленная по показателю прироста относительно контроля, выраженная в процентах. Стандартные отклонения для указанных на рисунке показателей колебались в пределах 5-10% от их средних значений.

Он свидетельствует, что максимальное количество семян, обработанных этими

растворами, прорастает через 3-4-е суток, а в контроле через 6 суток. Это наглядно подтверждает, что изученные биостимуляторы ускоряют процесс прорастания семян пшеницы.

Выше приведенные результаты свидетельствуют, что обработка семян пшеницы водными растворами МС  $0.6 \cdot 10^{-5}$ ,  $0.6 \cdot 10^{-9}$  М ( $1,3 \cdot 10^{-4}$ ,  $1,3 \cdot 10^{-8}$  мас. %); ХМС  $10^{-9}$  М ( $2,2 \cdot 10^{-8}$  мас. %) и особенно крезацина  $10^{-7}$ ,  $10^{-17}$  М ( $3,1 \cdot 10^{-6}$ ,  $3,1 \cdot 10^{-16}$  мас. %) повышает всхожесть семян на  $22 \pm 2$  и  $20 \pm 1$ ;  $20 \pm 2$ ;  $26 \pm 2$  и  $25 \pm 2$  %, соответственно в сравнении с контролем. Тем не менее,  $10^{-17}$  и  $10^{-19}$  М растворы МС и ХМС также проявляют выраженный стимулирующий эффект (всхожесть семян повышается на  $13 \pm 1$  -  $15 \pm 1$  %).

В целом полученные данные указывают на высокую ростостимулирующую активность водных растворов МС и ХМС микромолярных концентрациях  $10^{-4}$ ,  $10^{-8}$  мас.% соответственно), а крезацина -  $10^{-6}$  мас.% и как неудивительно,  $10^{-16}$  мас.%.

В заключение мы не можем удержаться, чтобы не сообщить результаты предварительного исследования (в другой серии опытов) влияния на всхожесть семян пшеницы наиболее дешевого и технологичного биостимулятора - 1-этоксисилатрана (ЭС)  $C_2H_5OSi(OCH_2CH_2)_3N$ , рострегулирующая активность которого на данном растительном объекте ранее почти не изучалась (Воронков, Барышок, 2005).

Данные табл.2 свидетельствуют, что всхожесть семян в течение 5 суток обработанных  $10^{-5}$  М раствором ЭС практически не отличается от контроля, а подвергшихся действию  $10^{-7}$ ,  $10^{-9}$  и  $10^{-13}$  М растворов незначительно выше, чем в контроле на  $76,0 \pm 6,3$  -  $76,2 \pm 7,0$  % в табл.2.

Однако при обработке семян  $10^{-11}$ ,  $10^{-15}$ ,  $10^{-17}$  и  $10^{-19}$  М растворами ЭС всхожесть семян оказывается значительно выше ( $79,3 \pm 5,4$  –  $80,7 \pm 6,7$  %), чем в контроле ( $74,1 \pm 6,1$ ). Поразительно, что наиболее эффективным является  $10^{-15}$  М ЭС раствор всхожесть семян на  $88,5 \pm 7,3$  % выше, чем в контроле (табл. 2). При столь низкой (уже наномолярной) концентрации раствора ЭС скорость прорастания семян также максимальна. Растворы ЭС ещё более низкой концентрации ( $10^{-17}$  и  $10^{-19}$  М) также повышают всхожесть семян, но лишь незначительно на  $79,1 \pm 6,5$  и  $80,7 \pm 6,7$  %.

Таблица 2. Влияние концентрации водных растворов 1-этоксисилатрана (ЭС) на прорастание семян пшеницы

Концентрация ЭС в растворе		Процент проросших семян в течение 5 суток, %				
См, моль·л <sup>-1</sup>	C <sub>м</sub> , %	1	2	3	4	5
0*	0*	37.5±4,1	60,0±3,5	67,0±2,1	74,0±5,2	74,1±6,1
$10^{-5}$	$2.2 \cdot 10^{-4}$	33.3±3,6	62.7±3,7	71.3±3,3	72.1±5,1	74.7±6,2
$10^{-7}$	$2.2 \cdot 10^{-6}$	23.3±2,6	67.3±3,0	74.7±2,3	76.3±3,5	76.2±7,0

$10^{-9}$	$2.2 \cdot 10^{-8}$	51.2±4,6	70.3±4,6	74.0±3,4	74.2±5,2	76.0±4,9
$10^{-11}$	$2.2 \cdot 10^{-10}$	54.5±5,1	70.2±5,1	75.5±2,4	77.3±6,1	79.3±5,4
$10^{-13}$	$2.2 \cdot 10^{-12}$	48.3±5,3	68.7±4,0	72.0±3,1	75.1±4,0	76.1±6,3
$10^{-15}$	$2.2 \cdot 10^{-14}$	52.0±4,7	76.6±4,5	80.6±2,5	80.6±5,7	88.5±7,3
$10^{-17}$	$2.2 \cdot 10^{-16}$	39.0±4,3	66.0±3,9	72.7±2,3	76.4±5,3	79.1±6,5
$10^{-19}$	$2.2 \cdot 10^{-18}$	40.7±4,5	63.3±3,7	74.7±2,3	78.2±5,5	80.7±6,7

\*Контроль – вода

Стандартные отклонения колебались в пределах 2,1 – 7,3 % от их средних показателей.

Страшно даже представить себе, что для получения из 1 грамма ЭС водного раствора такой концентрации требуется 10 миллиардов тонн воды! Это заставляет серьезно задуматься о влиянии на биосферу чрезвычайно низких количеств пестицидов и росторегулирующих веществ, попадающих в водоемы и грунтовые воды.

Приходится только поражаться, насколько наши данные соответствуют результатам фундаментальных исследований школы Е.Б. Бурлаковой и докладов в IY международном симпозиуме «Механизмы действия сверхмалых доз» о действии сверхнизких концентрации химических соединений на биологические объекты.

Полученные нами результаты указывают на большую перспективность использования растворов ЭС чрезвычайно низкой концентрации в качестве биостимуляторов прорастания злаков.

Практическое использование в сельском хозяйстве изученных биостимуляторов, как с точки зрения экономики, так и экологии, весьма перспективно.

Нашим дальнейшим исследованиям рострегулирующего действия наномолярных водных растворов силатранов и крезацина, а также их теоретическому обоснованию будут посвящены последующие публикации.

Эта работа выполнена в соответствии с соглашением о научном сотрудничестве между Российской академией наук и Монгольской академией наук от 13 июня 2001 г., и частично финансировалось грантом Президента РФ (НШ – 1129.2003.03).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлакова Е.Б. Эффект сверхмалых доз // Вестник РАН. 1994. Т. 64. № 5. С. 425-431.
2. Бурлакова Е.Б., Боиков П.Я., Панина Р.И., Карцев В.Г. Бимодальный эффект производных пиколиновой кислоты на скорость прорастания пшеницы и гороха // Изв. РАН. Сер. биол. 1996. № 1. С. 39-45.
3. Бурлакова Е.Б., Кондрадов А.А., Мальцева Е.Л. Действие сверхмалых доз биологически активных веществ и низкоинтенсивных физических факторов // Химическая физика. 2003. Т. 22. № 2. С. 21-40.
4. Пат. МНР. Воронков М.Г., Адъяасурэн С., Сухбаатар Б., Шагдарсурэн С., Дэнсмаа Д., Ширчин Б. 170 (1980).
5. Воронков М.Г., Барышок В.П. Силатраны в медицине и сельском хозяйстве. Новосибирск. Изд-во СО РАН. 2005. 258 с.
6. Воронков М.Г., Долмаа Г., Цэрэнпил Ш., Угтахбаяр О., Чимидцогзол А. Стимулирующее влияние микромолярных водных растворов силатранов и крезацина на прорастание семян ячменя // ДАН. 2005. Т. 404. № 4. С. 562-564.
7. Макарова Л.Е., Боровский Г.Б., Булатова А.М., Соколова М.Г., Воронков М.Г., Мирскова А.Н. Влияние кремнийорганических производных триэтаноламина на рост корней проростков однодольных и двудольных растений // Агрехимия. 2006. № 10. С. 41-45.
8. Платонова Р.Н., Воронков М.Г., Ольховенко В.П., Поляченко В.М. и др. Влияние трис(2-оксизтил)аммониевых солей ароксисукусных кислот на меристемные клетки // ДАН СССР. 1976. Т. 226. № 6. С. 1433-1435.
9. Сазанов Л.А., Зайцев С.В. Действие сверхмалых доз ( $10^{-18}$ - $10^{-14}$  М) биологически активных веществ: общие закономерности, особенности и возможные механизмы // Биохимия. 1992. Т. 57. № 10. С. 1443.
10. Сваринская Р.А., Платонова Р.Н., Семенова Н.В., Воронков М.Г. Влияние фотодинамический эффект некоторых производных синтетических фитогормонов на первоначальные стадии развития растений // ДАН СССР. 1978. Т. 243. № 5. С. 1337-1340.
11. Скорнякова А.Б., Корнильева Н.Л., Устинова Н.Б., Емельянов Н.С., Воронков М.Г. Биологически активные соединения кремния, германия, олова и свинца (III Всесоюзная конференция). Иркутск. 1980. С. 135-136.
12. Старова Г.Л., Франк-Каменецкая О.В., Фундаменский В.С. и др. ДАН. 1981. Т.260. № 4. С.888-892.
13. Ханходжаева Д.А., Воронков М.Г. Влияние крезацина на рост, развитие и продуктивность растений хлопчатника // ДАН. 1993. Т. 331. № 1. С. 124-126.
14. Шкловер В.Е., Гридунова Г.В., Стручков Ю.Т. и др. ДАН. 1983. Т. 269. № 2. С. 387-390.
15. Voronkov M.G. Topics in current chemistry. 1974. V. 84. P. 77.



## THE INFLUENCE OF $10^{-5}$ - $10^{-19}$ MAQUEOUS SOLUTIONS OF SILATRANES AND CREZACIN ON THE GERMINATION OF WHEAT SEEDS

M. G. Voronkov<sup>1</sup>, G. Dolmaa<sup>2</sup>, Sh. Tserenpil<sup>2</sup>,  
A. Chimidsogzol<sup>2</sup>, Л.Е. Makarova<sup>3</sup>, М. Bayarmaa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Branch,  
Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, Favorsky st., 1

<sup>2</sup> Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences

<sup>3</sup> Institute of Plant Physiology and Biochemistry

The effect of  $10^{-5}$ - $10^{-19}$  M aqueous solutions of 1-methylsilatrane (MS), 1-chloromethylsilatrane (CMS), 1-ethoxysilatrane (ES) and crezacin on the germination of wheat seeds has been studied. Under the action of MS, CMS and ES solutions the seeds germination alternatively increases 2-26%. The most effective were the following concentrations of the solutions: MS  $0,6 \cdot 10^{-6}$ ,  $10^{-9}$ , CMS  $10^{-9}$ , ES  $10^{-15}$  (!) and crezacin  $10^{-7}$  and  $10^{-17}$  M (!). But even the treatment of seeds with  $10^{-19}$  M solutions of MS, CMS, ES and crezacin resulted in higher seeds germination than in the control group. Thus, the data obtained have proved the efficiency of nanomolar (ultralow) dosages of the growth-regulating compounds and as well as alternative dependence of their activity on concentration.

Keywords: silatranes, nanomolar, ultralow doses, solutions, growth-regulating

**Воронков М. Г.**

664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 297-Е, кв. 196  
664033 Иркутск, ул. Фаворского 1, ИрИХ СО РАН  
Тел.сл. (3952)426400  
Тел.д. (3952)428581  
e-mail: [voronkov@irioch.irk.ru](mailto:voronkov@irioch.irk.ru)

Долмаа. Г

Хими, хими технологийн хүрээлэн  
ШУА-ийн 4-р байр  
Энхтайваны өргөн чөлөө 54б.  
Улаанбаатар хот 210351, Монгол улс  
Ажлын утас: (976-11)-480870  
Гэрийн утас: (976-11)-344438  
Цахим шуудан: [gania\\_dolmaa@yahoo.com](mailto:gania_dolmaa@yahoo.com)

Макарова Л.Е.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского  
отделения, Российской академии Наук,  
Тел.сл. (3952)428256  
Тел.д. (3952)428495  
e-mail: [makarova@sifibr.irk.ru](mailto:makarova@sifibr.irk.ru)