

**ВЛИЯНИЕ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА КРЕМНИЯ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ
ПАРАМЕТРЫ ПШЕНИЦЫ**

Б.И. Макаров

Научный руководитель: профессор, д.б.н. Н.Н. Терещенко
Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050
E-mail: makar189@mai.ru

**INFLUENCE OF COLLOID SOLUTION OF SILICON ON
MORPHOMETRIC PARAMETERS OF WHEAT**

B.I. Makarov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. N.N. Tereschenko
Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050
E-mail: makar189@mai.ru

***Abstract.** The present work is focused on the study the influence of presowing treatment by SiO₂ nanoparticles with their different concentration (3×10^{-4} , 1.5×10^{-4} and 0.3×10^{-5}) on the Irene spring wheat seeds. The small-field experiment was carry out under the natural agroclimatic conditions of the subtaiga zone Tomsk region. It was shown the possitive effect of silica nanoparticles on the basic morphometric parameters of wheat plants (height, green mass, specific leaf area), the content of photosynthetic pigments and the collection of wheat grain from per unit..*

Введение. Одним из перспективных направлений исследований является применение препаратов на основе наноматериалов в растениеводстве для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе наночастицы кремния.

Целью полевого эксперимента 2016 года было изучение влияния наноразмерного кремния на полевую всхожесть, морфометрические показатели и урожайность яровой пшеницы. В эксперименте кремний применяли в наиболее эффективных концентрациях из предварительных исследований.

Методы и материалы. Объектом исследования являлась яровая пшеница сорта Ирень, которая проходила предпосевную обработку раствором наночастиц SiO₂ и выращивалась в естественных агроклиматических условиях Томской области, на метровках по общепринятой методике [1] при систематическом распределении вариантов в 3-х повторениях. Отбор образцов растений для анализов проводился в фазе цветения и в конце вегетации, полевую всхожесть учитывали на 7-й день

За сутки перед посевом семена обрабатывали раствором наночастиц SiO₂ в концентрациях $3,0 \times 10^{-4}$, $1,5 \times 10^{-4}$ и $0,3 \times 10^{-4}$, контрольные семена обрабатывали дистиллированной водой. Эксперимент проводили на серой лесной оподзоленной почве с pH-5,1 и содержанием гумуса 6,5%.

В эксперименте использовали наночастицы SiO₂, средний размер частиц – 7 нм, массовая концентрация частиц в растворе составляла 30 мг/л [2].

Содержание пигментов фотосинтеза определяли в спиртовой вытяжке на спектрофотометре UV-1601 фирмы SHIMADZU (Япония) при длинах волн 665 нм, 649 нм и 440,5 нм с последующим расчетом по формулам Вернона [3]. Определение производили в флаговом листе пшеницы в фазу цветения.

Статистическую обработку результатов опыта проводили с помощью пакета программ Statistica for Windows 10.0. В таблицах 1-2 представлены средние значения показателей с ошибкой средней.

Результаты и обсуждение. Результаты полевого эксперимента выявили незначительное снижение полевой всхожести яровой пшеницы в вариантах с применением нанокремния, однако все различия с контролем оказались в пределах ошибки опыта (рисунок 1).

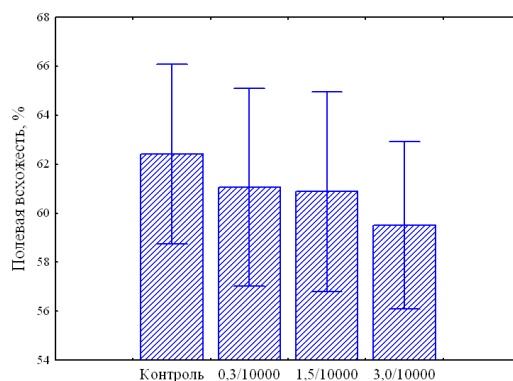


Рис. 1. Влияние нанокремния на полевую всхожесть растений яровой пшеницы

На высоту растений и зеленую массу предпосевная обработка семян нанокремнием, напротив, оказала заметное положительное влияние. При этом наибольший статистически достоверный эффект оказала обработка семян нанокремнием в концентрации SiO_2 , равной $1,5 \times 10^{-4}$ %, обеспечившей 23,4%-е увеличение зеленой массы (табл. 1). В вариантах с использованием концентраций SiO_2 ($0,3 \times 10^{-4}$ % и $3,0 \times 10^{-4}$ %) также было отмечено достоверное увеличение зеленой массы растений. Обработка наночастицами положительно сказалась на увеличении оводненности растений, а значит на повышении их засухоустойчивости (табл. 1).

Таблица 1

Основные морфометрические показатели растений яровой пшеницы в полевом опыте

Вариант	Высота растения, см.	Сырая масса 1-го растения, гр.	Сухая масса 1-го растения, гр.	Оводненность, %
Контроль	$62,6 \pm 2,0$	$7,53 \pm 0,4$	$1,09 \pm 0,1$	85,39
SiO_2 $3,0 \times 10^{-4}$	$65,6 \pm 2,1$	$8,72 \pm 0,7^*$	$1,35 \pm 0,2$	84,52
SiO_2 $1,5 \times 10^{-4}$	$70,6 \pm 2,0^*$	$9,29 \pm 0,6^*$	$1,24 \pm 0,2$	86,65
SiO_2 $0,3 \times 10^{-4}$	$70,4 \pm 1,8^*$	$8,81 \pm 0,3^*$	$1,23 \pm 0,1$	86,00

Примечание. * – Здесь и далее различия с контролем достоверны по критерию Стьюдента при $p < 0,5$

Предпосевная обработка семян нанокремнием в концентрации $0,3 \times 10^{-4}$ % способствовала 4%-му увеличению содержания пигментов фотосинтеза. Однако, не смотря на столь незначительное увеличение содержания пигментов хлорофиллов, достоверное 23,5-34,4%-е возрастание удельной площади листа (УПЛ) привело к существенному возрастанию площади фотосинтетической поверхности листьев растений и сказалось на увеличении продуктивности растений. Сбор зерна возрос во всех вариантах с предпосевной обработкой семян нанокремнием. Наименьший эффект был отмечен в варианте с концентрацией $3,0 \times 10^{-4}$ %, прибавка сбора зерна в вариантах с применением $0,3 \times 10^{-4}$ % и $1,5 \times 10^{-4}$ % концентрациями нанокремния составила 20,1 и 18,4% соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Сбор зерна яровой пшеницы (г/м²) и содержание пигментов фотосинтеза во флаговом листе пшеницы, мг/г сухой массы

Вариант	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	$\Sigma a + b$	УПЛ, см ² /гр.	Сбор зерна	
					масса зерна, гр./м ²	разница с контролем, %
Контроль	9,6	3,1	12,6	$4,89 \pm 0,2$	$136,2 \pm 3,1$	-
SiO ₂ $3,0 \times 10^{-4}$	9,5	3,1	12,6	$6,57 \pm 0,4^*$	$142,1 \pm 5,3$	+4,3%
SiO ₂ $1,5 \times 10^{-4}$	9,4	3,1	12,5	$6,14 \pm 0,3^*$	$161,3 \pm 4,4^*$	+18,4%
SiO ₂ $0,3 \times 10^{-4}$	9,8	3,2	13,1	$6,04 \pm 0,4^*$	$163,7 \pm 2,9^*$	+20,1%

Заключение. Как показали результаты проведенных исследований, предпосевная обработка яровой пшеницы сорта Ирень наночастицами SiO₂ в различных концентрациях оказывает положительное воздействие на основные морфометрические параметры растений, такие как высота и зеленная масса растений, а также оводненность растений и УПЛ. При этом по большинству параметров наиболее эффективными оказались минимальная и средняя концентрации наночастиц. Предпосевная обработка семян нанокремнием в минимальной ($0,3 \times 10^{-4}$ %) и средней ($1,5 \times 10^{-4}$ %) концентрациях способствовала соответственно 20,1 и 18,4%-му увеличению сбора зерна пшеницы с единицы площади.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Под ред. Доспехов Б.А. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
2. Svetlichnyi, V., Izaak, T., Lapin, I., Martynova, D., Stonkus, O., Stadnichenko, A., & Boronin, A. (2015). Physicochemical investigation of nanopowders prepared by laser ablation of crystalline silicon in water. *Advanced Powder Technology*, no 26, pp. 478–486.
3. Биохимические методы в физиологии растений / Под ред. А.А. Шлык. - М.: Наука, 1971. - 154 -170 с.