

doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.02.072>

УДК 544.7:631.8

**А.П. Головань, Т.В. Крупська, І.В. Сіора,  
Н.Ю. Клименко, О.А. Новікова, В.В. Туров**

Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, Київ  
E-mail: alyusik2001@ukr.net

## **Вплив високодисперсних кремнеземів та їх сумішей на схожість озимої пшениці**

*Представлено членом-кореспондентом НАН України В.В. Туровим*

*Досліджено вплив гідрофобних, гідрофільних високодисперсних кремнеземів та їх сумішей на енергію проростання і схожість насіння озимої пшениці в лабораторних умовах. Показано, що при обробці зерна нанокремнеземами, з певним співвідношенням концентрацій гідрофобного та гідрофільного кремнеземів, можна забезпечити стійке збільшення параметрів проростання. Проте ефективність дії кремнеземів залежить від способу пророщування, якості ґрунту та вологості. Встановлено, що суміші кремнеземів (вміст АМ-1-300 не повинен перевищувати 30 %) позитивно впливають на схожість паростків на піщаних та виснажених ґрунтах. Ймовірно, ця властивість може бути врахована у розробці композитних систем для живлення та стимулювання росту зернових культур у південних районах України, за умови достатнього зволоження ґрунту.*

**Ключові слова:** озима пшениця, гідрофобний високодисперсний кремнезем, гідрофільний високодисперсний кремнезем, схожість, енергія проростання.

Зернові культури були і залишаються головною групою сільськогосподарських рослин України, яка посідає провідне місце на світовому ринку зернових: частка в світовому експорті пшениці в середньому становить 5 %, а в експорті пшениці до ЄС — 32 % [1]. Зокрема, озима пшениця є найважливішою продовольчою культурою в Україні й займає найбільші площі посівів [2].

Однією з пріоритетних складових економічного розвитку нашої країни та основою продовольчої безпеки є отримання високих врожаїв якісного зерна [3]. Для її забезпечення важливе значення має якість посівного матеріалу: сортова чистота, енергія проростання, схожість, крупність, а також врожайні властивості пшениці озимої. Значна роль у таких технологіях належить передпосівній обробці насіння мікроелементами, яка дає можливість поліпшити якість посівного матеріалу, підвищити енергію проростання, польову схожість і т. ін., що в кінцевому результаті сприяє поліпшенню якості продукції [2]. Перспективним напрямком підвищення схожості насіння озимої пшениці є його обробка спеціальними

© А.П. Головань, Т.В. Крупська, І.В. Сіора, Н.Ю. Клименко, О.А. Новікова, В.В. Туров, 2017

засобами, зокрема нанорозмірними агентами на основі діатоміту [4] та гідрофобного високодисперсного кремнезему марки АМ-1-300 [5, 6]. Високодисперсний кремнезем виконує роль адгезиву для отримання сумішей, що забезпечує рівномірне покриття по всій поверхні насіння та локальне живлення рослин (захисно-стимулюючі суміші). До складу захисно-стимулюючих сумішей, крім кремнезему (20–30 %), можуть входити мінеральні або органічні добрива і солі мікроелементів, а при необхідності пестициди, регулятори росту та інші фізіологічно активні речовини [7].

Проте функція нанокремнезему не зводиться лише до ролі носія. Встановлено, що він сам по собі виявляє біологічну активність і може стимулювати розвиток рослин, навіть при відсутності поживних речовин, що вносяться ззовні [8]. Тому за мету дослідження ставилося вивчення впливу гідрофобних, гідрофільних високодисперсних кремнеземів та їх сумішей на енергію проростання і схожість насіння озимої пшениці в лабораторних умовах.

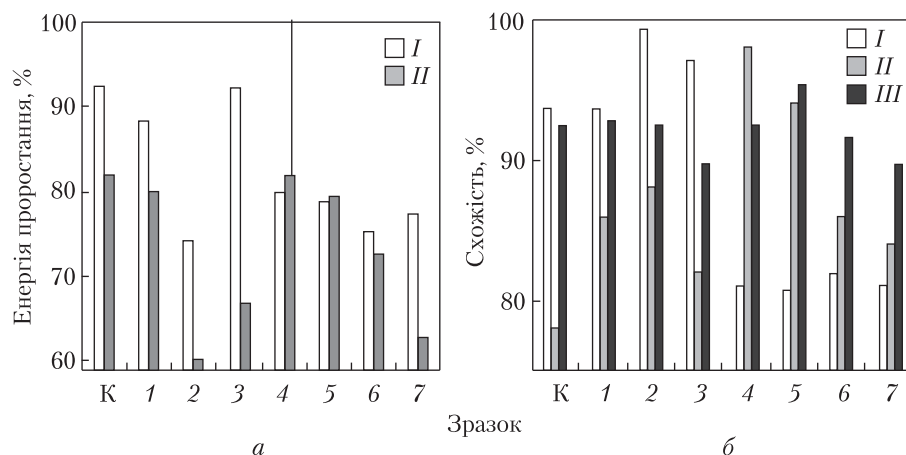
**Експериментальна частина.** Використовували високодисперсні кремнеземи: гідрофільний, марки А-300, з питомою поверхнею 300 м<sup>2</sup>/г, що випускається Калузьким дослідно-експериментальним заводом Інституту хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, синтезований шляхом високотемпературного гідролізу SiCl<sub>4</sub> в полум'ї киснево-водневого пальника, та його гідрофобізований аналог АМ-1-300 (Калуш, Україна), синтезований шляхом обробки високодисперсний кремнезем А-300 метилхлорсиланом. Досліджувалося насіння озимої пшениці (сорт «Киянка»), яке перед висівом обробляли високодисперсними гідрофільним та гідрофобним кремнеземами або їх сумішами (табл. 1).

Застосовували три способи пророщування насіння в чашках Петрі: на фільтрувальному папері, у піску і в ґрунті, збідненому на поживні речовини, при 22 – 25 °С. Щоденно зразки поливали звичайною водопровідною водою (по 5 мл кожний), таким чином, насіння пшениці знаходилося весь час у вологому середовищі. На 3-тю–5-ту добу пророщування зерен пшениці визначали *енергію проростання* (характеристика швидкості та дружності проростання насіння), на 7-му–11-ту добу проводили підрахунок дослідних зразків на визначення *схожості* (встановлення кількості насіння, здатного утворювати нормально розвинуті паростки). На 12-ту добу рослини вилучали з чашок Петрі та проводили *морфологічні дослідження* (визначення довжини паростків, коріння та їхньої маси). Дослідження виконували за стандартними методиками, що описані в [9, 10].

**Результати та обговорення.** Значення енергії проростання та схожості рослин наведено на рис. 1. Як свідчать одержані дані, значення енергії проростання насіння на фільтрувальному папері значно вищі, ніж у піску, для всіх зразків, за винятком зразків 4 та 5 (достатньо високий вміст гідрофільного кремнезему: 80 та 70 % відповідно). Водночас значення енергії проростання насіння, обробленого чистим нанокремнеземом А-300 (зразок 1), на фільтрувальному папері (у вологому середовищі) більші за аналогічні в піску, але менші за контроль. У зразка 3 (50 % гідрофільного кремнезему) значення енергії проростання на фільтрувальному папері (у вологому середовищі) такі са-

Таблиця 1. Зразки досліджуваних кремнеземів і їх сумішей

Зразок	Кремнезем А-300, %	Кремнезем АМ-1-300, %
Контроль	—	—
1	100	—
2	—	100
3	50	50
4	80	20
5	70	30
6	60	40
7	20	80



**Рис. 1.** Енергія проростання (а) і схожість (б) досліджуваних зразків: I – на фільтрувальному папері; II – у піску; III – у ґрунті

мі, як у контрольного зразка. Щодо впливу гідрофобного кремнезему у вологому середовищі, то найгірший результат показав зразок 2 (100 % АМ-1-300), для якого зафіксовано мінімальну енергію проростання. Отже, чистий гідрофобний кремнезем в умовах високої вологості пригнічує дружнє проростання насіння озимої пшениці, тоді як суміш нанокремнеземів 1:1 А-300 та АМ-1-300 показує результати, подібні до контролю.

Порівнюючи значення енергії проростання в піску всіх зразків (див. рис.1, а), відзначимо, що наявність кремнезему А-300 в кількості понад 50 % “стимулює” рівномірне проростання, натомість кремнезем АМ-1-300 у кількості більше 40 % – пригнічує. Максимальну енергію проростання (82 %) виявляли зразок 4 (вміст гідрофільного кремнезему сягає 80 %) та контрольний зразок (К). Енергія проростання зразка, обробленого чистим А-300, була дещо нижчою порівняно з контролем. При застосуванні гідрофобного кремнезему (зразок 2) величина енергії проростання була майже на чверть нижчою, ніж у контролі, аналогічний результат показав зразок 7. Можна зробити висновок, що в стимулюючих сумішах для піщаних ґрунтів, за умови достатнього поливу, вміст гідрофобного кремнезему не повинен перевищувати 20 %.

**Таблиця 2.** Довжина паростків і коріння зразків пшениці, пророщених у чашках Петрі на фільтрувальному папері, см

Зразок	Довжина паростків		Довжина коріння	
	максимальна	мінімальна	максимальна	мінімальна
Контроль	18,43 ± 0,57	6,7 ± 3,40	16,77 ± 1,73	6,33 ± 1,17
1	18,6 ± 0,90	9,28 ± 2,00	14,4 ± 2,80	7,3 ± 0,50
2	17,72 ± 2,28	8,03 ± 3,53	15,28 ± 5,38	5,9 ± 0,60
3	17,38 ± 1,62	6 ± 1,00	17,2 ± 0,80	5,80 ± 1,00
4	18,1 ± 1,20	3,1 ± 2,30	14,45 ± 2,05	4,3 ± 2,00
5	17,5 ± 3,30	4,5 ± 1,80	13,68 ± 4,08	2,63 ± 0,57
6	17,43 ± 3,67	8,68 ± 1,22	16,1 ± 1,10	8,7 ± 1,20
7	18,78 ± 0,72	6,48 ± 3,22	19,36 ± 4,55	7,90 ± 3,60

Значення енергії проростання в ґрунті на рис. 1, *a* відсутнє, оскільки в цьому варіанті пшениця сходила повільніше, ніж на фільтрувальному папері та піску, що не дало можливості здійснити порівняння в однакових умовах.

Параметри схожості для всіх трьох способів пророщування наведені на рис. 1, *б*. Для контрольного зразка у випадку проростання зерен пшениці у піску вона мінімальна. Для насіння, пророщеного у вологому середовищі та ґрунті, спостерігаються подібні значення схожості, які становлять близько 92 %. За умов пророщування в піску у разі обробки як гідрофобним, так і гідрофільним кремнеземом (зразки 1, 2) її величина істотно зростає. Найбільші значення при пророщуванні на фільтрувальному папері встановлено для перших чотирьох зразків (*K*, 1–3), причому максимальну величину показав зразок 2 (99,3 %). У решти зразків (4–7) величина схожості знижується до 80 %. Отже, можна зробити висновок, що стимулюючі суміші на основі композитних кремнеземів за умови високої вологості мають складатися на 50 % з А-300 та 50 % з АМ-1-300. Можливо, такі суміші підійдуть для опудрювання насіння при вирощуванні рисових культур.

У разі пророщування в піску встановлено збільшення величини схожості паростків озимої пшениці для всіх зразків порівняно з контролем. Максимальне значення схожості мають зразки 4 (80 % А-300 та 20 % АМ-1-300) і 5 (70 % А-300 та 30 % АМ-1-300). Таким чином, чим менша частка гідрофобного кремнезему, тим вище значення схожості паростків озимої пшениці.

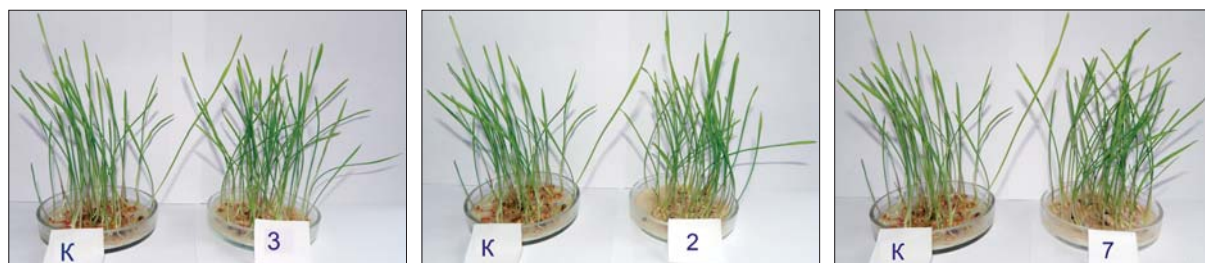
Значення схожості досліджуваних зразків у ґрунті приблизно однаково високе — більше ніж 90 %, найбільше значення (98 %) спостерігається для зразка 5 (вміст АМ-1-300 становив 30 %).

Отже, можна припустити, що кремнеземи та їх суміші (вміст АМ-1-300 не повинен перевищувати 30 %) є перспективною складовою мінеральних добрив чи композитів для захисту і стимулювання росту при обробці зернових культур у районах (місцевостях) з переважно піщаними чи збіднілими на поживні речовини ґрунтами за умови достатнього зволоження.

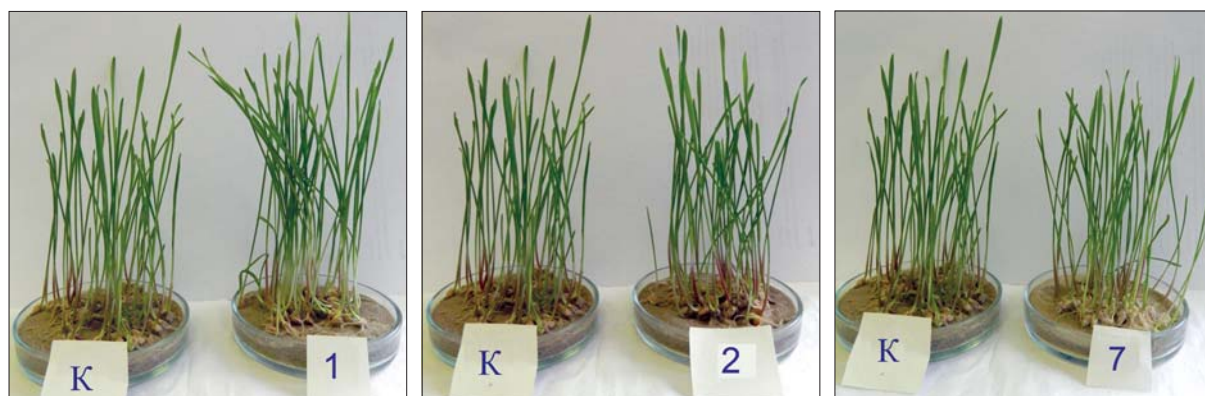
Досліджувалися морфологічні характеристики паростків і коріння пшениці в разі пророщування на фільтрувальному папері (табл. 2) та в піску (табл. 3). За даними табл. 2, у всіх

**Таблиця 3. Довжина паростків і коріння зразків пшениці, пророщених у піску, см**

Зразок	Довжина паростків		Довжина коріння	
	максимальна	мінімальна	максимальна	мінімальна
Контроль	15,2 ± 0,70	5,25 ± 1,05	11,3 ± 2,70	8 ± 1,00
1	19 ± 0,50	6,3 ± 2,20	9,87 ± 0,67	4,8 ± 1,20
2	15,75 ± 0,95	6,3 ± 0,50	10,45 ± 3,55	6,85 ± 1,95
3	15,6 ± 0,40	4,1 ± 1,20	10,85 ± 2,75	3,7 ± 0,30
4	16,3 ± 0,30	5,0 ± 0,40	12,1 ± 2,80	3,2 ± 1,50
5	16,6 ± 0,40	1,6 ± 0,40	10,25 ± 2,25	1,8 ± 0,80
6	15,6 ± 1,10	4,10 ± 1,90	13 ± 0,05	3,5 ± 1,8
7	15,6 ± 0,60	4,50 ± 0,50	9,75 ± 2,75	5,95 ± 0,05



**Рис. 2.** Фотографії паростків пшениці зразків 2, 3 та 7 і контрольного зразка (К) у чашках Петрі, пророщених на фільтрувальному папері



**Рис. 3.** Фотографії паростків пшениці зразків 1, 2 та 7 і контрольного зразка (К), пророщених у чашках Петрі в піску

зразків, крім зразка 3, довжина стебла більша, ніж у контролі, а максимальну довжину коріння мають зразки 2 та 7 (рис. 2). Тобто ці зразки (вміст АМ-1-300 відповідно 100 % та 80 %) при пророщуванні на фільтрувальному папері мають найдовші паростки і коріння порівняно з контролем.

За умов пророщування в піску (див. табл. 3), довжина паростків мінімальна у контрольного зразка, а максимальна— у зразка 1, довжина коріння якого менша за контроль. Максимальне значення довжини коріння спостерігалось для зразка 4 (14,9 см). Для зразка 2 значення довжини коріння таке саме, як і для контрольного зразка, але довжина паростків — дещо більша (рис.3). За загальними показниками зразок 2 має найкращі морфологічні характеристики серед усіх досліджуваних зразків, вирощених у піску.

Найкращі морфологічні показники серед усіх зразків, пророщених у піску та на фільтрувальному папері, показав зразок 2 (АМ-1-300). Це може бути пов'язано з тим, що гідрофобна оболонка, яка утворюється довкола обробленої насінини, не пропускає воду назовні, а зберігає її всередині зерна. Крім того, на межі з ростою зоною можуть утворюватися прошарки, збагачені слабоасоційованими формами води [8], які позитивно впливають на метаболічні процеси. Це стимулює рівномірний розвиток і ріст як стеблової, так і кореневої частини рослини. Можливо, саме такими механізмами взаємодії гідрофобного покриву з оточуючим середовищем пояснюється явище набухання оброблених насінин пшениці, при взаємодії з водою на початку дослідів. Отже, завдяки цій властивості гідрофобний кремне-

зем незамінний при створенні мінеральних добрив і композитних систем для захисту та стимулювання росту рослин як адгезивна речовина.

Таким чином, показано, що при обробці насіння озимої пшениці нанокремнеземами з певним співвідношенням концентрацій гідрофобного та гідрофільного кремнеземів можна забезпечити стійке збільшення параметрів проростання. Проте ефективність дії кремнеземів залежить від способу пророщування, якості ґрунту та вологості.

Наявність у кремнеземних сумішах (композитах) великої кількості (більше 20 %) АМ-1-300 затримує проростання обробленого насіння при пророщуванні в піску. У разі пророщування на фільтрувальному папері різниця не така значна, можливо через надлишок вологи, яка безпосередньо оточує зерна пшениці.

Встановлено, що суміші кремнеземів (вміст АМ-1-300 не повинен перевищувати 30 %) позитивно впливають на схожість паростків на піщаних та виснажених ґрунтах. Ймовірно, ця властивість може бути врахована при розробці композитних систем для живлення і стимулювання росту зернових культур у південних районах України, за умови достатнього зволоження ґрунту.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Маханьова Ю.М. Експорт зернових культур України, ЄС і країн світу в умовах сучасних інтеграційних процесів. *Проблеми економіки*. 2015. № 1. С. 27–36.
2. Постернак В.Г., Ямковий В.Ю. Вплив передпосівної обробки насіння мікродобривом “Росток” на формування врожайності зерна пшениці озимої. *АгроЕліта*. 2015. № 8. С. 108–109.
3. Давидова О.Є., Аксиленко М.Д., Мокринський В.М., Дульнев П.Г. Вплив регуляторів росту і розвитку рослин на адаптацію рослин пшениці до умов дефіциту фосфорного живлення. *Наук. доп. НУБіП*. 2012. № 6. С. 64–76.
4. Данилова Е.В. Эффективность использования диатомита и его смесей с минеральными удобрениями при возделывании озимой и яровой пшеницы: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саранск, 2007. 22с.
5. Средство для предпосевной обработки семян: пат. 1793836 АЗ, СССР. МПК А 01 С 1/00, А 01 N 59/00; заявл. 09.01.1991. Опубл. 07.02.1993.
6. Палапа Н.В. Еколого-агрохімічна та фітосанітарна ефективність захисно-стимулюючих сумішей природного походження та інших засобів хімізації. *Агроекологія і біотехнологія*. 1998. Вип. 2. С. 103–106.
7. Струмінська О.О., Курта С.А., Куцела О.Я. Використання біополімерних композицій для агрохімічної технології передпосівної обробки насіння. *Агроеколог. журн*. 2013. № 4. С. 74–78.
8. Туров В.В., Юхименко Е.В. Влияние высокодисперсного кремнезема на прорастание пшеницы и состояние воды в ее корнях. *Поверхность*. 2011. Вып. 3. С. 320–332.
9. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держспоживстандарт, 2003. 173 с.
10. ГОСТ 12038–84. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Москва: Стандартинформ, 2011. 30 с.

Надійшло до редакції 19.09.2016

#### REFERENCES

1. Mahanyova, Yu. M. (2015). Problemy Ekonomiky, No 1, pp. 27-36 (in Ukrainian).
2. Posternak, V.G., Yamkovyi, V. Yu. (2015). AhroElita, No 8, pp. 108-109 (in Ukrainian).
3. Davidova, O. E., Aksylenko, M. D., Mokrynsky, V. M., Dul'nev, P. G. (2012). Nauk. dopov. NUBiP, No 6, pp. 64-76 (in Ukrainian).
4. Danilova, O. V. (2007). Efficiency dyatomita and its mixture with mineral fertilizers in the processing of winter and spring wheat (Extended abstract of candidate thesis). Saransk (in Russian).

5. Pat. 1793836 A3 SU, IPC A01C1/00, A01N59/00, The means for processing presowing seed crops, Chuiko, O. O., Bogomaz, V. I., Yukhymenko, E. V., Publ. 07.02.1993 (in Russian).
6. Palapa, N. V. (1998). Ahroekolohiia i bioteknologhiia, Iss. 2. pp. 103-106 (in Ukrainian).
7. Struminska, A. A., Kurta, S. A., Kutsela, O. Ya. (2013). Ahroekol. Zhurn., No 4. pp. 74-78 (in Ukrainian).
8. Turon, V. V., Yukhymenko E.V. (2011). Surface, Iss. 3: 320-332 (in Russian).
9. DSTU 4138-2002. The crop seeds. Methods for determination of quality (2003). Kiev: Derzhspozhyvstandart (in Ukrainian).
10. GOST 12038-84. Interstate standard. Agricultural seeds. Methods of determination the germination (2011). Moscow: Standartinform (in Russian).

Received 19.09.2016

А.П. Головань, Т.В. Крупская, И.В. Сиора,  
Н.Ю. Клименко, А.А. Новикова, В.В. Туров

Институт химии поверхности им. А.А. Чуйко НАН Украины, Киев  
E-mail: alyusik2001@ukr.net

#### ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ КРЕМНЕЗЕМОВ И ИХ СМЕСЕЙ НА ВСХОЖЕСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Исследовано влияние гидрофобных, гидрофильных высокодисперсных кремнеземов и их смесей на энергию прорастания и всхожесть семян озимой пшеницы в лабораторных условиях. Показано, что при обработке зерна нанокремнеземами, при определенном соотношении концентраций гидрофобного и гидрофильного кремнеземов, можно обеспечить стойкое увеличение параметров прорастания. Однако эффективность действия кремнеземов зависит от способа проращивания, качества почвы и влажности. Установлено, что смесь кремнеземов (содержание АМ-1-300 не должно превышать 30 %) положительно влияет на всхожесть ростков на песчаных и истощенных почвах. Вероятно, это свойство может быть учтено при разработке композитных систем для питания и стимуляции роста зерновых культур в южных районах Украины, при условии достаточного увлажнения почвы.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, гидрофобный высокодисперсный кремнезем, гидрофильный высокодисперсный кремнезем, всхожесть, энергия прорастания.

A.P. Golovan, T.V. Krupska, I.V. Siora,  
N.Yu. Klymenko, O.A. Novikova, V.V. Turon

Chuiko Institute of Surface Chemistry of the NAS of Ukraine, Kiev  
E-mail: alyusik2001@ukr.net

#### EFFECT OF FUMED SILICAS AND THEIR MIXTURES ON THE GERMINATION OF WINTER WHEAT

The effect of hydrophobic and hydrophilic highly dispersed silicas and their mixtures on the energy of germination and the germination of winter wheat is studied in the laboratory. It is shown that the treating of seeds by nanosilica at a definite content of hydrophilic and hydrophobic silicas can provide a stable increasing of germination parameters. However, the efficiency of the silica impact depends on the germination method, soil quality, and wetness. It is found that a mixture of silicas (the content of AM-1-300 should not exceed 30 % wt.) has a positive effect on the germination of germs on sandy and depleted soils. Probably, this property can be taken into account in the design of composite systems for supply and growth stimulation of crops in Ukraine's southern regions, provided the sufficient wetness of soil.

**Keywords:** winter wheat, the hydrophilic and hydrophobic fumed silicas, germination, germinative energy.