

cultivars to seed treatment by *Azospirillum brasilense*. *Agronomy Research*, 2020, Vol. 18, Special Issue 3. <https://doi.org/10.15159/ar.20.080>.

3. Kolarić, L.; Popović, V.; Živanović, L.; Ljubičić, N.; Stevanović, P.; Šarčević Todosijević, L.; Simić, D.; Ikanović, J. Buckwheat Yield Traits Response as Influenced by Row Spacing, Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Management. *Agronomy* 2021, 11, 2371. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122371>

4. Дукий О. Вплив норм мінеральних добрив на густоту, тривалість вегетації та продуктивність гречки в умовах Лісостепу Західного. *Bulletin of Lviv National Environmental University: Agronomy*. 2022. (26). С. 81–86.

5. Ткач Н. Роль нішевих сільськогосподарських культур у забезпеченні продовольчої безпеки України. *Економіка та суспільство*. 2024. С. 66.

УДК:631.3.004.4

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСІННЯ НА ПРОЦЕС СУШІННЯ

Колесніченко І. А., здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

В'юник О. В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного, Україна

Барда М. О., здобувач другого (освітнього) рівня вищої освіти (магістр)

Уманський національний університет, м. Умань, Україна

Процес сушіння насіння олійних культур є складним теплофізичним явищем, у якому одночасно протікають тепло- і вологообмін, структурні та фазові перетворення. На ефективність сушіння суттєво впливають технологічні характеристики насіння – олійність ядра, загальна олійність та лузжистість. Ці параметри формують теплофізичні властивості насіння, визначають характер протікання дифузійно-теплових процесів та змінюють кінетику сушіння.

Попередні дослідження Б. М. Кириївського показали, що зміна технологічних характеристик спричиняє помітне відхилення у швидкості масообміну та тривалості сушіння, проте кількісна оцінка цього впливу потребує уточнення. Особливо це стосується насіння соняшнику, де значна різниця у морфологічній структурі та олійності між сортами ускладнює застосування універсальних моделей. Необхідно визначити, як зміна технологічних характеристик насіння впливає на кінетику сушіння та величину фазових перетворень, а також оцінити можливість використання узагальнених критерійних залежностей для прогнозування поведінки насіння різних сортів. Основними технологічними показниками насіння є олійність ядра, загальна

олійність та лузжистість. Зрозуміло, що зміна цих параметрів може суттєво впливати не лише на теплофізичні та гігроскопічні властивості насіння, але й на особливості перебігу дифузійно-теплових процесів [1]. Б. М. Киріївським була здійснена спроба визначити ступінь впливу базових технологічних характеристик насіння соняшнику на кінетику їх сушіння у киплячому шарі за періодичного режиму проведення процесу [2]. Кількісну залежність між основними технологічними властивостями, незалежно від сорту та рівня олійності насіння соняшнику, можна подати у вигляді [3]:

$$\frac{M_{\text{я}}}{M_{\text{с}}} = \frac{1}{1-0,9\text{Л}} \quad (1)$$

де $M_{\text{я}}$ та $M_{\text{с}}$ – олійність ядра та олійність насіння, виражені у відсотках до абсолютно сухої речовини [4]; Л – лузжистість повітряно-сухого насіння, подана у частках одиниці [5].

Критерій фазового перетворення для процесу сушіння насіння соняшнику можна представити у вигляді відношення $\varepsilon = \frac{\Delta \overline{G}_{\text{я}}}{\Delta \overline{G}}$ де $\Delta \overline{G}_{\text{я}}$ та $\Delta \overline{G}$ – відповідно середні зміни маси ядра та маси насіння за період сушіння. У результаті нескладних перетворень співвідношення набуває такого вигляду:

$$\varepsilon = \left(\frac{\Delta \overline{G}_{\text{л}}}{\Delta \overline{G}} \right) \cdot \frac{\Delta \overline{W}_{\text{я}}}{\Delta \overline{W}} \quad (2)$$

де $\Delta \overline{G}_{\text{л}}$ – середня маса абсолютно сухої, не знесиреної лузки; $\Delta \overline{W}_{\text{я}}$ та $\Delta \overline{W}$ – зміна середньої вологості ядра та насіння відповідно за період сушіння.

З урахуванням середньої олійності лузки та співвідношень 1 і 2 критерій фазового перетворення для насіння соняшнику набуває такого вигляду:

$$\varepsilon = (0,95 - 0,86\text{Л}) \cdot \frac{\Delta \overline{W}_{\text{я}}}{\Delta \overline{W}} \quad (3)$$

Або ж, підставляючи замість відношення $\frac{\Delta \overline{W}_{\text{я}}}{\Delta \overline{W}}$ величину $\varepsilon_{\text{к}}$, отримуємо:

$$\varepsilon = (0,95 - 0,86\text{Л}) \cdot \varepsilon_{\text{к}} \quad (4)$$

Аналіз співвідношень свідчить, що значення коефіцієнта фазового перетворення для насіння соняшнику визначається кінетикою сушіння окремих морфологічних елементів і сортовими особливостями, які відображаються у виразі, поданому в дужках [6]. У роботах Б. М. Киріївського встановлено, що кінетична складова $\varepsilon_{\text{к}}$ критерію фазового перетворення однозначно корелює з безрозмірною вологістю. Тому для насіння соняшнику із середньою олійністю 45–46 % (у перерахунку на абсолютно суху речовину) за усереднених теплофізичних і термодинамічних характеристик критеріальне кінетичне рівняння набуває такого вигляду [7]:

$$\frac{F_0 \cdot \theta \cdot Re^{1,4} \cdot Gu^{0,9}}{(\frac{H_0}{d_e})^{0,5} \cdot Ko^{0,9}} = 0,3 \cdot 10^3 \left(\frac{W_1}{W_1 - W_2} \right)^{-2,8} \quad (5)$$

У наведеному рівнянні складова критерію фазового перетворення, що відображає сортові особливості насіння соняшнику, увійшла до складу сталого

коефіцієнта. З урахуванням середньої лузжистості, (0,26 у частках одиниці) для насіння з олійністю 45–46 %, рівняння 6 можна подати у такому вигляді [8]:

$$\frac{F_o \cdot \theta \cdot Re^{1,4} \cdot Gu^{0,9}}{(\frac{H_o}{d_e})^{0,5} \cdot K_o^{0,9}} = 4,1 \cdot 10^3 (0,95 - 0,86L) \cdot (\frac{W_1}{W_1 - W_2})^{-2,8} \quad (7)$$

На практиці температура насіння під час сушіння може змінюватися в досить широких межах – від 20 до 120 °С, тому такі теплофізичні показники, як питома теплоємність, теплопровідність та теплота пароутворення, доцільно визначати за середнього температурного рівня (приблизно 70 °С) [9].

Отримане рівняння є коректним і може застосовуватися для таких діапазонів зміни критеріїв та симплексів [10]:

$$\begin{aligned} L &= 0,24 - 0,30; & F_o &= 0,3 - 6,6; & K_o &= 0,9 - 6,6; \\ Re &= 400 - 800; & Gu &= 1,15 - 1,47; & \theta &= 0,29 - 0,89; \\ \frac{H_o}{d_e} &= 25 - 85; & \frac{W_1}{W_1 - W_2} &= 1,3 - 2,5; \end{aligned}$$

Аналіз рівняння 8 при зміні олійності насіння соняшнику в діапазоні 40–49 % (у перерахунку на абсолютно суху речовину) дає підстави зробити такі висновки. Під впливом складової критерію фазового перетворення, яка враховує сортові особливості насіння, тривалість сушіння та величина їх нагрівання за однакових режимів і сталих умов зростають приблизно на 12 % [11]. Зі збільшенням олійності вологість насіння підвищується менш суттєво (на 4 %). Це свідчить про те, що глибина сушіння для насіння соняшнику в зазначеному інтервалі олійності за інших незмінних умов практично не залежить від сортових відмінностей [12]. Встановлено, що технологічні характеристики насіння суттєво впливають на теплофізичні параметри матеріалу та визначають кінетику масо- і теплообміну в процесі сушіння. Критерій фазового перетворення, сформований Б. М. Киріївським, дозволяє кількісно оцінити вплив морфологічної структури насіння на процес сушіння. Доведено, що сортові особливості можуть збільшувати тривалість сушіння і ступінь нагрівання насіння орієнтовно на 12 % за однакових режимів обробки. Показано, що зі зростанням олійності вологість насіння збільшується несуттєво (приблизно на 4 %), що свідчить про слабку залежність глибини сушіння від сортових особливостей у діапазоні олійності 40–49. Отримані залежності можуть бути використані для підбору оптимальних режимів сушіння насіння соняшнику різної олійності, а також для удосконалення математичних моделей тепло- і вологообміну в шарових сушарках та апаратах із киплячим шаром.

Список використаних джерел:

1. Lykov A. V. Heat and Mass Transfer. Princeton: Princeton University Press, 1961. 589 p.
2. Brooker D. B., Bakker-Arkema F. W., Hall C. W. Drying and Storage of Grains and Oilseeds. New York: Springer, 1992. 450 p.
3. Arinze E. A., Sokhansanj S. Moisture diffusion coefficients of food materials

– A review. *Drying Technology*. 1993. Vol. 11. P. 1–30.

4. Henderson S. M., Perry R. L. *Agricultural Process Engineering*. New York: John Wiley & Sons, 1976. 520 p.

5. Kudra T., Mujumdar A. *Advanced Drying Technologies*. New York: CRC Press, 2009. 480 p.

6. Sokhansanj S., Jayas D. S. Drying of Agricultural Materials: Mathematical Models and Their Applications. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1991. Vol. 48. P. 97–118.

7. Wang N., Brennan J. G. The influence of moisture content on the drying rate of grain. *Journal of Food Engineering*. 1995. Vol. 24. P. 61–72.

8. Rahman M. S. *Handbook of Food Preservation*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. 472 p.

9. Pabis S., Jaros M. The First Approximation Drying Model. *Journal of Food Engineering*. 1998. Vol. 79. P. 13–19.

10. Belay T., Paliwal J. Thermal properties of oilseeds and their application in design of processing systems. *Biosystems Engineering*. 2020. Vol. 189. P. 123–134.

11. Krokida M. K., Maroulis Z. B. Quality changes during drying of food materials. *Drying Technology*. 2001. Vol. 19. P. 1221–1250.

12. FAO. *Oilseeds: Properties, Processing and Utilization*. FAO Bulletin No. 88. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. 210 p.

УДК 631.171

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОЛОГИ В ҐРУНТІ

Куликівський В. Л., канд. тех. наук, доцент

Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Збереження вологи в ґрунті у весняний період здебільшого визначається способом обробки поверхневих родючих шарів. Вибір способу весняного поверхневого обробки залежить від виду, сукупності прийомів попередньої механічної дії на верхній шар ґрунту та стану поля після зимового періоду. За таких умов попереднім осіннім обробком ґрунту може бути: основний відвальний або безвідвальний, мілкий, мінімальний (поверхневий) і нульовий. Закриття вологи навесні можливо виконувати такими технологічними прийомами [1, 2]: боронуванням, дискуванням, шлейфуванням, коткуванням тощо.

Для кращого розпушування та вирівнювання ґрунту, боронування проводиться уперек напрямку оранки, рядків посіву або іншого попереднього обробки. Боронування може виконуватися пружинними, зубовими, дисковими або голчастими знаряддями. Водночас виконується руйнування ґрунтової кірки,