

ЗАЛЕЖНІСТЬ ОДНОРІДНОСТІ СТУПЕНЯ МОДИФІКАЦІЇ СОЛОДУ ПИВОВАРНОГО ЯЧМЕНЮ ВІД ВПЛИВУ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ МІКРОДОБРИВАМИ

КЛИМИШЕНА Р.І. – кандидат сільськогосподарських наук, докторант
orcid.org/0000-0002-4643-7895

Подільський державний аграрно-технічний університет

ГОРАШ О.С. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0001-9418-0310

Подільський державний аграрно-технічний університет

Постановка проблеми. Зміни, які відбуваються з каркасною будовою ендосперму зерен ячменю під час солодування прийнято називати модифікацією, що є одним із досить важливих критеріїв якості солоду. Цей показник пов'язаний із багатьма іншими показниками якості [1; 2; 3; 4]. Натепер оцінка якості сировини ячменю за ступенем модифікації й однорідності солоду у країнах Західної Європи проводиться за офіційною методикою Європейської пивоварної конвенції (European Brewery Convention (далі – ЕВС) [5].

Однорідність, або гомогенність, солоду ячменю залежить від ступеня видозміненості окремого зерна під час його пророщування. Зазвичай у пивоварінні бажана висока однорідність ступеня модифікації, або видозміненості, кожного окремого зерна. Високий ступінь розчиненості можна забезпечити в разі тривалого солоторощення ячменю. У разі низької однорідності, яка є небажаною, частина зерен під час пророщування збільшать свої витрати на розвиток корінців, які під час сушки і шліфовки солоду потрапляють у відходи, також водночас зайвими будуть і витрати ферментів амілолітичної групи. У разі заниженої гомогенності зазвичай значна частина ендосперму залишиться у стані «біологічної консервації» і буде баластом. У результаті чого збільшиться вихід дробини, який далі можна використати хіба що на корм свійським тваринам. Загалом занижена гомогенність свідчить про неоднорідність ячменю за групою ферментів, які називають «цитазами».

Виходячи із сучасного стану технологій вирощування пивоварного ячменю, коли формується однорідність росту і розвитку рослин, можуть бути забезпечені оптимальні значення однорідності ступеня модифікації під час процесу солодування в межах 70–80%. Це сприяє високому виходу екстракту. Допустима нижня межа однорідності ступеня модифікації становить 60%, верхня – 85–90%, більше 90% – видозмінення будуть становити понад норму.

У технології виробництва пива однорідність солоду ячменю має велике значення і є актуальним питанням, яке потребує ретельного вивчення, особливо у взаємозв'язку з якістю [6; 7; 8]. Безперечно, гомогенність, або однорідність, солоду варто напряму пов'язувати з технологією вирощування ячменю. Сучасне технологічне обладнання під час солодування зерна, у процесі його намочування і пророщування забезпечує за параметрами однозначні умови для всієї зернової маси. Тому розходження аналітичних зразків солодових зерен

в основному детермінуються умовами вирощування. До яких належать як погодні умови, так і біологічні та технологічні чинники [9]. Останнім нині приділяється значна увага, бо ці чинники впливу відіграють важливу роль в управлінні продуктивністю та якістю вирощеної продукції.

Мета статті – установити залежність пивоварної якості зерна ячменю ярого за однорідністю ступеня модифікації ендосперму солоду від впливу позакореневого підживлення рослин під час вегетації мікродобривами «Вуксал» на різному тлі мінерального удобрення.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконані впродовж 2015–2017 рр. у Подільському державному аграрно-технічному університеті.

Розміщення ділянок внесення мінеральних добрив – систематизоване ярусне, застосування позакореневого підживлення рослин мікродобривами – рендомізоване. Кількість повторень – чотириразова.

Варіанти технологічної схеми застосування позакореневого підживлення рослин мікродобривами: 1) А0 – контроль, без підживлення рослин; 2) А1 – одноразове позакореневе підживлення рослин мікродобривом «Вуксал Р Мах» під час фази кушення; 3) А2 – одноразове позакореневе підживлення рослин мікродобривом «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку; 4) А3 – одноразове позакореневе підживлення рослин мікродобривом «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння; 5) А4 – дворазове позакореневе підживлення рослин мікродобривами «Вуксал Р Мах» під час фази кушення та «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку; 6) А5 – дворазове позакореневе підживлення рослин мікродобривами «Вуксал Р Мах» під час фази кушення та «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння; 7) А6 – дворазове позакореневе підживлення рослин мікродобривами «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку та «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння; 8) А7 – триразове позакореневе підживлення рослин мікродобривами «Вуксал Р Мах» під час фази кушення, «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку та «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння.

Забезпечення мінерального живлення рослин на такому фоні удобрення: $N_{30}P_{45}K_{45}$ – норма разового використання мікродобрив «Вуксал» 1,5 л/га, $N_{60}P_{90}K_{90}$ – норма разового використання мікродобрив «Вуксал» 2,0 л/га.

Для проведення досліджень використано сорт ячменю ярого Себастьян

Модифікацію ендосперму зерен ячмінного солоду встановлювали відповідно до методики Європейської пивоварної конвенції Analytica 1987 E 85–86 із застосуванням реактивів Calcofluor і Fast Green за офіційною технологією ЕВС «Метод Карлсберга».

Якість пивоварного ячменю визначали шляхом використання автоматизованої системи мікросолодування, ступінь видозміненості – відповідно до офіційної методики ЕВС (Analytica 1987 E 85–86) на приладі Micro Fluor, однорідність модифікації – за формулою:

$$H (\%) = 100 - 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_i - \bar{M})^2}{N}}$$

Для математичного аналізу отриманих результатів досліджень використовували дисперсійний аналіз на основі багаторангового статистичного критерію Дункана [10].

Результати досліджень. Отримані результати досліджень щодо залежності однорідності ступеня видозміненості солодових зерен ячменю від впливу застосованого позакореневого підживлення рослин мікродобривами «Вуксал» показані в табл. 1.

На тлі мінерального живлення $N_{30}P_{45}K_{45}$ за результатами дисперсійного аналізу з використанням критерію Дункана виділено чотири гомогенні групи, що доводить результативність досліджуваного чинника за проведеного порівняння середніх значень однорідності модифікації ендосперму зерен солоду ячменю між даними варіантів.

Груповий аналіз показує, що варіанти А0 – контроль, без застосування мікродобрив, А1 – одноразове позакоренево підживлення мікродобривом «Вуксал Р Мах» під час фази кущення (1,5 л/га), А2 – одноразове позакоренево підживлення мікродобривом «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку (1,5 л/га), становлять першу гомогенну групу. Значення показників порівняно з іншими

варіантами є істотно найнижчими і становлять 68,3, 68,1 та 69,5% відповідно, що свідчить про неефективність застосування мікродобрив на початку росту і розвитку рослин ячменю.

У другу гомогенну групу входять варіанти А2 й А4, де застосовували дворазове обприскування рослин мікродобривами «Вуксал Р Мах» під час фази кущення (1,5 л/га) + «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку (1,5 л/га). Однорідність ступеня модифікації становила на цих варіантах 69,5 та 70,5% відповідно.

До третьої гомогенної групи увійшли варіанти А3 (одноразове позакоренево підживлення мікродобривом «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння (1,5 л/га)) і А5 (дворазове застосування мікродобрив «Вуксал Р Мах» під час фази кущення (1,5 л/га) + «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння (1,5 л/га)), які істотно відрізнялися від попередніх варіантів А0, А1, А2, А4. Значення показників становили 74,6 та 75,0% відповідно.

Найвища однорідність ступеня модифікації зерен солоду була досягнута на варіантах А6 (дворазове застосування мікродобрив «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку (1,5 л/га) + «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння (1,5 л/га)) і А7 – триразове обприскування посівів мікродобривами «Вуксал Р Мах» під час фази кущення (1,5 л/га) + «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку (1,5 л/га) + «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння (1,5 л/га). Зосередження даних цих варіантів в одній гомогенній групі свідчить про статистично однакові параметри показників, які становили 77,3 та 79,0% відповідно.

Під час вирощування ячменю на фоні мінерального живлення $N_{60}P_{90}K_{90}$ також встановлено, що однорідність ступеня модифікації ендосперму зерен солоду залежала від позакореневого підживлення рослин мікродобривами «Вуксал» (табл. 2). За результатами дисперсійного аналізу з використанням тесту Дункана теж виділено чотири гомогенні групи.

Найменші значення ступеня модифікації отримано на варіантах А0 – контроль; А1 – одноразове засто-

Таблиця 1

Залежність однорідності модифікації солоду ячменю від впливу застосування позакореневого підживлення рослин мікродобривами «Вуксал» у нормі 1,5 л/га на фоні $N_{30}P_{45}K_{45}$, % (середнє за 2015–2017 рр.)

Варіант досліджу	Однорідність	Гомогенні групи			
		1	2	3	4
А0 контроль	68,3	***			
А1 «Вуксал Р Мах» під час кущення	68,1	***			
А2 «Вуксал Grain» під час виходу у трубку	69,5	***	***		
А3 «Вуксал Grain» на початку цвітіння	74,6			***	
А4 «Вуксал Р Мах» під час кущення + «Вуксал Grain» під час виходу у трубку	70,5		***		
А5 «Вуксал Р Мах» під час кущення + «Вуксал Grain» на початку цвітіння	75,0			***	
А6 «Вуксал Grain» під час виходу у трубку + «Вуксал Grain» на початку цвітіння	77,3				***
А7 «Вуксал Р Мах» під час кущення + «Вуксал Grain» під час виходу у трубку + «Вуксал Grain» на початку цвітіння	79,0				***

Залежність однорідності модифікації солоду ячменю від впливу застосування позакореневого підживлення рослин мікродобривами «Вуксал» у нормі 2,0 л/га на фоні $N_{60}P_{90}K_{90}$, % (середнє за 2015–2017 рр.)

Варіант досліджу	Однорідність	Гомогенні групи			
		1	2	3	4
A0 контроль	66,2	***			
A1 «Вуксал Р Мах» під час кушення	65,9	***			
A2 «Вуксал Grain» під час виходу у трубку	66,3	***			
A3 «Вуксал Grain» на початку цвітіння	70,0		***		
A4 «Вуксал Р Мах» під час кушення + «Вуксал Grain» під час виходу у трубку	67,0	***			
A5 «Вуксал Р Мах» під час кушення + «Вуксал Grain» на початку цвітіння	70,3		***		
A6 «Вуксал Grain» під час виходу у трубку + «Вуксал Grain» на початку цвітіння	72,7			***	
A7 «Вуксал Р Мах» під час кушення + «Вуксал Grain» під час виходу у трубку + «Вуксал Grain» на початку цвітіння	75,8				***

сування мікродобрива «Вуксал Р Мах» під час фази кушення (1,5 л/га); А2 – одноразове застосування мікродобрива «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку (1,5 л/га), А4 – дворазове застосування мікродобрив «Вуксал Р Мах» під час фази кушення (1,5 л/га) + «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку (1,5 л/га). Дані цих варіантів зосереджені в одній гомогенній групі, що свідчить про статистично однакові параметри показника, які становили 66,2, 65,9, 66,3 та 67,0% відповідно.

Істотно кращою однорідністю ступеня модифікації солоду була на варіантах А3 – одноразове позакореневе підживлення мікродобривом «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння (1,5 л/га), А5 – дворазове застосування мікродобрив «Вуксал Р Мах» під час фази кушення (1,5 л/га) + «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння (1,5 л/га) порівняно з варіантами А0, А1, А2 й А4. Значення показників якості солоду становили 70,0 та 70,3% відповідно.

Більш ефективним варіантом щодо впливу на однорідність зерен солоду за ступенем модифікації порівняно з даними попередніх варіантів був варіант А6 – дворазове застосування мікродобрив «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку (1,5 л/га) + «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння (1,5 л/га). Середнє значення становило 72,7%.

Максимальну однорідність ступеня модифікації солоду ячменю досягнуто на варіанті А7 за умови триразового обприскування посівів мікродобривами «Вуксал Р Мах» під час фази кушення (1,5 л/га) + «Вуксал Grain» під час фази виходу у трубку (1,5 л/га) + «Вуксал Grain» на початку фази цвітіння (1,5 л/га). Середнє значення становило 75,8%, що відповідає оптимальним параметрам.

Висновки. Ефективність позакореневого підживлення рослин ячменю ярого мікродобривами залежала від технологічної схеми застосування, а саме від кількості прийомів проведеного агрозаходу за відповідних фенофаз розвитку.

У разі вирощування ячменю на фоні мінерального живлення $N_{30}P_{45}K_{45}$ кращими виявилися варіанти

А6 (дворазове застосування мікродобрив «Вуксал Grain» (1,5 л/га) під час виходу у трубку та «Вуксал Grain» (1,5 л/га) на початку цвітіння) і А7 (триразове позакореневе підживлення рослин мікродобривами «Вуксал Р Мах» (1,5 л/га) під час кушення, «Вуксал Grain» (1,5 л/га) під час виходу у трубку та «Вуксал Grain» (1,5 л/га) на початку цвітіння), де отримано найбільші значення однорідності ступеня модифікації ендосперму солоду – 77,3 та 79,0% відповідно.

На фоні мінерального живлення $N_{60}P_{90}K_{90}$ кращим виявився варіант А7 – триразове позакореневе підживлення рослин мікродобривами «Вуксал Р Мах» (2,0 л/га) під час кушення, «Вуксал Grain» (2,0 л/га) під час виходу у трубку та «Вуксал Grain» (2,0 л/га) на початку цвітіння, де однорідність модифікації становила 75,8%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Havlová P., Šusta J., Psota V. Homogeneity and Modification of Malt. I. Colouring Cut Detection. *Kvasny prum.* 1998. № 44 (4). P. 92–94. DOI: 10.18832/kp1998007.
- Кунце В., Мит. Г. Технология солода и пива. Пер. с нем. Санкт-Петербург : Профессия, 2001. 912 с.
- Нарцисс Л. Пивоварение. Пер. с нем. / под общ. ред. Г.А. Ермолаевой, Е.Ф. Шаненко. Санкт-Петербург : Профессия, 2007. Т. 1 : Технология солодоращения. 584 с.
- Importance of Endosperm Modification for Malt Wort Fermentability / M.J. Edney et al. *Journal of the Institute of Brewing.* 2007. Vol. 113. № 2. P. 228–238.
- Carnielo M., Foucout A., Moll M. *Brauwissenschaft* 35. 1982. P. 168.
- Гораш О.С. Управление продукцией процессом пивоварного ячменю : монография. 2-ге вид., з доп. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2017. 464 с.
- Гораш О.С., Климишена Р.І. Ячмень: управление пивоварной качеством : монография. Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня «Рута»», 2020. 260 с.
- Гораш О.С. Нові підходи до методики визначення оптимальної норми висіву в технології вирощу-

вання пивоварного ячменю. *Методика, механізація, автоматизація та комп'ютеризація досліджень у землеробстві, рослинництві, садівництві та овочівництві* : збірник наукових праць. Київ, 2007. Вип. 9. С. 96–102.

9. Ecological and biological conformity of conditions of the brewing barley cultivation zone / O. Gorash et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10 (1). P. 246–253. DOI: 10.15421/2020_39.
10. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : Українська академія аграрних наук, 2007. 55 с.

REFERENCES:

1. Havlová, P., Šusta, J., Psota, V. (1998). Homogeneity and Modification of Malt. I. Colouring Cut Detection. *Kvasny prum.* 44 (4), 92–94. <https://doi.org/10.18832/kp1998007>.
2. Kuntse, V., Mit, G. (2001). *Tekhnolohiya soloda i pyva* [Technology of malt and beer]; per. s nem. SPb.: izd-vo Professya, 912. [in Russian]
3. Nartsiss, L. (2007). *Pyvovarennye. T. 1. Tekhnolohiya solodorashchennya* [Brewing. T. 1. Technology of malting]; perevod s nem. pod obshch. red. H.A. Yermolaeva, E.F. Shanenko. SPb.: Professya, 584. [in Russian]
4. Edney, M.J., Eglinton, J.K., Collins, H.M., Barr, A.R., Legge, W.G., Rossnagel, B.G. (2007). Importance of Endosperm Modification for Malt Wort Fermentability. *Journal of the Institute of Brewing*. 113, 2, 228–238.
5. Carnielo, M., Foucort, A., Moll, M. (1982). *Brauwissenschaft* 35. P. 168.
6. Gorash, O.S. (2017). *Upravlinnia produtsiinym protsesom pyvovarnoho yachmeniu: monohrafiia; 2 vydannia z dopovnenniamy* [Management of brewing barley production process: monograph; 2 editions with additions]. Kamyanets-Podilskyi: PE Medobory-2006, 464. [in Ukrainian]
7. Gorash, O.S., Klymyshena, R.I. (2020). *Yachmin: upravlinnia pyvovarnoiu yakistiu: Monohrafiia*. [Barley: brewing of quality management: Monograph]. Kamianets-Podilskyi: TOV "Drukarnia Ruta", 260. [in Ukrainian]
8. Gorash, O.S. (2007). *Novi pidkhody do metodyky vyznachennia optymalnoi normy vysivu v tekhnolohii vyroshchuvannya pyvovarnoho yachmeniu* [New approaches to the method of determining the optimal seeding rate in the technology of growing malting barley]. *Metodyka, mekhanizatsiia, avtomatyzatsiia ta kompiuteryzatsiia doslidzhen u zemlerobstvi, roslynnytstvi, sadivnytstvi ta ovochivnytstvi: Zbirnyk naukovykh prats – Methods, mechanization, automation and computerization of research in agriculture, crop production, horticulture and vegetable growing: Collection of scientific works*, 9, 96–102. [in Ukrainian]
9. Gorash, O., Klymyshena, R., Khomina, V., Vilchynska, L. (2020). Ecological and biological conformity of conditions of the brewing barley cultivation zone. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (1), 246–253. https://doi.org/10.15421/2020_39.
10. Ermantraut, E.R., Prisiazhniuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0* [Statistical analysis of

agronomic research data in the package Statistica 6.0]. Kyiv: Ukrainian Academy of Agrarian Sciences, 55. [in Ukrainian]

Климишена Р.І., Гораш О.С. Залежність однорідності ступеня модифікації солоду пивоварного ячменю від впливу позакореневого підживлення мікродобривами

Мета – встановити залежність пивоварної якості зерна ячменю ярого за однорідністю ступеня модифікації ендосперму солоду від впливу позакореневого підживлення рослин під час вегетації мікродобривами «Вуксал» на різних фонах мінерального удобрення. Для узагальнення результатів дослідження та наукового обґрунтування мети застосовували такі **методи**: загальнонаукові (для визначення напряму дослідження, планування і закладки досліду); спеціальні (лабораторний – для визначення біохімічних показників); математично-статистичний (для обробки експериментальних даних). **Результати**. Установлено результативність впливу позакореневого підживлення рослин пивоварного ячменю ярого мікродобривами «Вуксал» під час вегетації на однорідність модифікації ендосперму солоду. **Висновки**. Ефективність позакореневого підживлення рослин ячменю ярого мікродобривами залежала від технологічної схеми застосування, а саме від кількості прийомів проведеного агрозаходу за відповідних фенофаз розвитку. У разі вирощування ячменю на фоні мінерального живлення $N_{30}P_{45}K_{45}$ кращими виявилися варіанти А6 – дворазове застосування мікродобрив «Вуксал Grain» (1,5 л/га) під час виходу у трубку та «Вуксал Grain» (1,5 л/га) на початку цвітіння, А7 – триразове позакореневе підживлення рослин мікродобривами «Вуксал Р Мах» (1,5 л/га) під час куцнення, «Вуксал Grain» (1,5 л/га) під час виходу у трубку, «Вуксал Grain» (1,5 л/га) на початку цвітіння, де отримано найбільші значення однорідності ступеня модифікації ендосперму солоду – 77,3 та 79,0% відповідно. На фоні мінерального живлення $N_{60}P_{90}K_{90}$ кращим виявився варіант А7 – триразове позакореневе підживлення рослин мікродобривами «Вуксал Р Мах» (2,0 л/га) під час куцнення, «Вуксал Grain» (2,0 л/га) під час виходу у трубку, «Вуксал Grain» (2,0 л/га) на початку цвітіння, де однорідність модифікації становила 75,8%.

Ключові слова: ячмінь ярий, модифікація, солод, фон живлення, мікродобрива.

Klymyshena R.I., Gorash O.S. Dependence of modification degree homogeneity of barley malt on influence of foliar fertilization by microfertilizers

Purpose. The aim of the research is to establish the dependence of the brewing quality of spring barley grain by the homogeneity degree of malt endosperm modification on the influence of foliar fertilization of plants during the growing season with "Wuxal" microfertilizers on different backgrounds of mineral fertilization. The following **methods** were used to generalize the results of the research and scientific substantiation of the aim: general scientific (to determine the direction of research, planning and bookmarking the experiment); special (laboratory – to determine biochemical parameters); mathematical and statistical (for processing experimental data). **Results**. The effectiveness of foliar fertilization influence of spring malting barley plants with "Wuxal"

microfertilizers during the growing season on the homogeneity of malt endosperm modification was established. **Conclusions.** The efficiency of foliar fertilization of spring barley plants with microfertilizers depended on the technological scheme of application, namely on the number of receptions of the conducted agricultural event at the corresponding phenophases of development. When growing barley on the background of mineral nutrition $N_{30}P_{45}K_{45}$, the best variants were A6 – two-times application of microfertilizers “Wuxal Grain” (1,5 l/ha) during stem elongation and “Wuxal Grain” (1,5 l/ha) at the beginning of flowering and A7 – three-times foliar nutrition of plants with microfertilizers “Wuxal P Max”

(1,5 l/ha) during tillering, “Wuxal Grain” (1,5 l/ha) during stem elongation and “Wuxal Grain” (1,5 l/ha) at the beginning of flowering, where the largest values of homogeneity degree of malt endosperm modification – 77,3 and 79,0%, respectively. Against the background of mineral nutrition $N_{60}P_{90}K_{90}$, the best variant was A7 – three-times foliar nutrition of plants with microfertilizers “Wuxal P Max” (2,0 l/ha) during tillering, “Wuxal Grain” (2,0 l/ha) during stem elongation and “Wuxal Grain” (2,0 l/ha) at the beginning of flowering, where the homogeneity of the modification was 75,8%.

Key words: spring barley, modification, malt, background of nutrition, microfertilizers.