

УДК 633.18:631.51

Р.А. Вожегова¹, В.О. Скидан^{2*}, М.С. Скидан³

Особливості наливу зерна та реакції на добрива у сортів рису різних агроекологічних типів

¹Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України, смт. Хлібодарське, Одеський район, Одеська область, Україна

²Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, Харків, Україна

³Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

*E-mail: vskydan@gmail.com

UDC 633.18:631.51

R.A. Vozhehova¹, V.O. Skydan^{2*}, M.S. Skydan³

Characteristics of Grain Filling and Response to Fertilizers in Rice Cultivars of Different Agro-Ecological Types

¹ Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS of Ukraine, Khlibodarske Village, Odeskyi District, Odeska Oblast, Ukraine

² Yuriev Plant Production Institute of NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

³ State Biotechnology University, Kharkiv, Ukraine

*E-mail: vskydan@gmail.com

Реферат: Метою роботи було встановити особливості реакції рису сортів Дебют, Маршал, Лазурит, Корсар, Віконт та Онтаріо на систему удобрення в умовах південної частини Степу України. Дослідження проводили на дослідному полі Інституту рису НААН України у 2019-2021 рр. Встановлено, що найвищий урожай рису сформувався на варіанті N120P30 з дворазовим підживленням, який становив 11,27 у сорту Віконт, 9,62 т/га у сорту Корсар, 8,99 т/га у сорту Лазурит, для сортів Дебют – 7,06 т/га, Маршал – 9,77 т/га, Онтаріо – 9,24 т/га. Виділено три агроекологічні типи сортів північний, помірний і південний.

Ключові слова: Рис, сорт, мінеральні добрива, урожайність, агроекологічні типи, налив зерна.

Abstract: The purpose of this study was to characterize responses of rice cultivars 'Debiut', 'Marshal', 'Lazuryt', 'Korsar', 'Vikont', and 'Ontario' to fertilization in the southern steppe of Ukraine. The study was conducted in the experimental field of the Institute of Rice of NAAS of Ukraine in 2019-2021. It was found that rice yielded the most when double-fertilized at a dose of N120P30: cv. 'Vikont' yielded 11.27 t/ha, cv. 'Korsar' - 9.62 t/ha, cv. 'Lazuryt' - 8.99 t/ha, cv. 'Debiut' - 7.06 t/ha, cv. 'Marshal' - 9.77 t/ha, and cv. 'Ontario' - 9.24 t/ha. Three agro-ecological types of cultivars (northern, temperate and southern) were distinguished.

Key words: Rice, cultivar, mineral fertilizers, yield, agro-ecological types, grain filling.

Для забезпечення зростаючих потреб населення в рисі необхідно застосовувати заходи, які направлені на підвищення його урожайності. Цього можна досягти шляхом вирощування високоурожайних сортів, вдосконалення агротехнічних та меліоративних прийомів, раціонального використання добрив. Вибір оптимального сорту рису в певних ґрунтово-кліматичних умовах є необхідною передумовою ефективного використання ресурсів середовища для формування високого врожаю посівом. Тому

To satisfy the growing needs of the population in rice, it is necessary to apply measures aimed at increasing its yield. This can be achieved due to growing high-yielding cultivars, improving farming and amelioratory techniques, and rational using fertilizers. The choice of optimal rice cultivars for certain pedo-climatic conditions is a necessary prerequisite for the effective use of environmental resources in order a field yielded a lot. Therefore, new cultivars require improved fertilization

нові сорти потребують удосконалення системи живлення посівів та вирощування в районах згідно їх агроекологічної належності.

Одним із важливих напрямків підвищення продуктивності сільськогосподарських культур є вивчення біологічних особливостей кожного сорту та виявлення оптимальних параметрів основних агротехнічних факторів, які в значній мірі визначають реалізацію продуктивного потенціалу культур та забезпечують отримання сталих врожаїв зерна з високими якісними показниками. Для рису першочерговим фактором, який в разі застосування вискоєфективної системи захисту посівів від шкідливих організмів, є рівень забезпечення поживними речовинами з розрахунку на генетично обумовлений потенціал продуктивності [1]. Рис має дуже добру реакцію на елементи мінерального живлення, переважно на ранніх етапах органогенезу. Високий вміст елементів живлення в рослинах рису на перших етапах органогенезу свідчить про необхідність створення сприятливих умов живлення в перші дні їх росту [2, 3].

Найвищий приріст урожаю рису забезпечується застосуванням азотних добрив [4]. В специфічних анаеробних умовах затоплюваного ґрунту слід використовувати ті форми добрив, які містять азот в амонійній і амідній формах: сульфат амонію з вмістом азоту 20,5-21,0 % та сечовину (46 % азоту). Саме амонійна форма азоту закріплюється ґрунтовим поглинальним комплексом та забезпечує рослини рису цим поживним елементом впродовж вегетаційного періоду. Нітратний азот здебільшого вимивається з водою в нижні горизонти ґрунту або відновлюються до вільного азоту в процесі денітрифікації і також втрачається [5].

У затопленому ґрунті створюються сприятливі умови для мобілізації доступних форм фосфору. Рис потребує фосфорного живлення протягом усієї вегетації, але особливо важливо забезпечити рослини цим елементом живлення у початковий період їх росту [1, 2-4].

За агроекологічними особливостями сорти та гібриди умовно поділяють на три типи [5]. До першого типу належать генотипи, які найбільш активно накопичують пластичні речовини в першій половині фази наливу зерна, саме вони більш придатні для вирощування в посушливих умовах Степу, де ГТК (гідротермічний коефіцієнт) становить менше 1,0. До другого типу відносять рослини, що накопичують пластичні речовини рівномірно протягом фази наливу зерна, а отже

regimens and cultivation modes according to their agro-ecological suitability. Research into the biological characteristics of each cultivar and the identification of optimal parameters of major farming factors are important ways to increase the agricultural crop productivity, which largely determine the fulfilment of the productive potentials of crops and ensure harvesting stable yields of top-quality grain. Nutrient supply adjusted for the genetically determined productivity potential (in the case of applying a highly effective algorithm of crop protection against harmful organisms) is the primary factor for rice [1]. Rice responses to mineral fertilization very well, especially in the early stages of organogenesis. High contents of nutrients in rice plants at the first stages of organogenesis indicate the need to create favourable nutritional conditions in the first days of their growth [2, 3].

The greatest increase in rice yield is ensured by nitrogen fertilizers [4]. Under specific anaerobic conditions of flooded soil, fertilizer formulations that contain nitrogen in ammonium and amide forms should be applied: ammonium sulphate with a nitrogen content of 20.5-21.0% and urea (46% nitrogen). It is the ammonium form of nitrogen that is fixed by the soil absorption complex and provides rice plants with this nutrient throughout the growing period. Nitrate nitrogen is mostly washed out with water into the lower soil horizons or reduced to free nitrogen in the denitrification reaction and also lost [5].

In flooded soil, favourable conditions are created for the mobilization of available forms of phosphorus. Rice needs phosphorus nutrition throughout the growing period, but it is especially important to provide plants with this nutrient during the initial period of their growth [1, 2-4].

According to agro-ecological features, cultivars and hybrids are conditionally divided into three types [5]. Type 1 includes genotypes that most intensively accumulate plastic substances in the first half of the grain filling phase; they are more suitable for growing in arid conditions of the steppe, where the HTC (hydrothermal coefficient) is below 1.0. Type 2 includes plants that accumulate plastic substances evenly during the grain filling phase and, therefore, are suitable for cultivation in the forest-steppe, where the HTC is about 1.0. Type

придатні для вирощування в умовах Лісостепу, де ГТК становить близько 1,0. До третього типу належать рослини, які найбільш активно накопичують пластичні речовини в другій половині фази наливу зерна, вони придатні для вирощування у вологих умовах Полісся, де ГТК становить більше 1,0 [5].

Проте недоліком такого способу агроecологічної класифікації є те, що він придатний лише для суходільних культур, для яких лімітуючим фактором є продуктивна волога. Він дозволяє лише районувати сорти та гібриди сільськогосподарських культур за кліматичними зонами залежно від ГТК, але не враховує особливості такої культури як рис в умовах затоплення. Адже ця культура протягом вегетаційного періоду повністю забезпечена вологою, а головним лімітуючим фактором для неї є температурний режим.

Зважаючи на це, із появою нових сортів рису виникла необхідність визначити типи агроecологічної належності сортів рису з удосконаленням системи живлення рослин в умовах південного Степу України.

Метою наших досліджень було визначення придатності сортів рису для вирощування в умовах затоплення залежно від кліматичних особливостей території та встановлення характеру їх реакції на систему удобрення у південній частині Степу України. Для цього оцінювали закономірності наливу зерна різних сортів рису та ефективність застосування мінеральних добрив при їх вирощуванні.

Методика

Дослідження проводили на дослідному полі Інституту рису НААН у 2019-2021 рр. у стаціонарній рисовій сівоzміні Інституту рису НААН з наступним чергуванням культур: 1 – люцерна, 2 – рис, 3 – рис, 4 – пшениця озима, 5 – рис, 6 – ячмінь ярий, 7 – рис, 8 – ячмінь ярий з підсівом люцерни.

Досліди були закладені з дотриманням загальноприйнятих вимог методики дослідної справи [6]. Грунт дослідного поля – лучно-каштановий залишково-солонцюватий.

У дослідях висівали шість сортів рису: Онтаріо, Маршал, Віконт (середньостиглі), Дебют, Корсар, Лазуріт (ранньостиглі).

Сівбу сортів рису проводили при переході середньодобової температури повітря через 10-12°C. Здійснювали її сівалкою «Клєн»-1,5П вздовж ділянок. Норма висіву насіння – 7 млн. схожих насінин /га.

3 includes plants that most intensively accumulate plastic substances in the second half of the grain filling phase; they are suitable for growing in wet conditions of the woodlands, where the HTC is above 1.0 [5].

However, the disadvantage of this method of agro-ecological classification is that it is suitable only for upland crops, for which available water is the limiting factor. It only allows for the zoning of cultivars and hybrids of agricultural crops by climatic zones depending on HTC, but does not take into account the peculiarities of such a crop as rice in flooding conditions. After all, this crop is fully supplied with water during the growing period and the main limiting factor for rice is temperature.

Considering this, with the development of new rice cultivars, it became vital to determine the types of agro-ecological attribution of rice cultivars with due account for improved regimens of plant fertilization in the Southern Steppe of Ukraine.

The purpose of our study was to determine the suitability of rice cultivars for growing in flooded conditions depending on the climatic peculiarities of a location and to describe their responses to fertilization in the Southern Steppe of Ukraine. For this purpose, the grain filling patterns and the effectiveness of mineral fertilizers were evaluated for different rice cultivars.

Methods

The study was conducted in the experimental field of the Institute of Rice of NAAS in 2019-2021. The study was carried out in the stationary rice crop rotation of the Institute of Rice of NAAS, where the crops were rotated as follows: 1 – alfalfa, 2 – rice, 3 – rice, 4 – winter wheat, 5 – rice, 6 – spring barley, 7 – rice, 8 – spring barley with complementary seeded alfalfa.

The experiments were carried out in compliance with the traditional requirements for experimentation [6]. The soil in the experimental field was meadow-chestnut, residual solonchak-like soil.

In the experiments, six rice cultivars were sown: ‘Ontario’, ‘Marshal’, ‘Vikont’ (medium-ripening), ‘Debiut’, ‘Korsar’, and ‘Lazuryt’ (early-ripening).

The rice cultivars were sown when the average daily air temperature was at least 10-12°C.

Мінеральні добрива в дослідах були внесені вручну перед сівбою рису. Водний режим встановлено за типом “укорочене затоплення” відразу після сівби рису. Збирання урожаю проводили при повній стиглості зерна комбайном «Янмар» з наступним перерахунком на 14% вологість та 100% чистоту зерна.

Для визначення агроєкологічної належності сорту рису використовували методику В.М. Костромітіна [7]. Протягом фази наливу зерна через кожні чотири дні відбирали зерно з верхнього ярусу волотей по 10 г. Потім його висушували в сушильній шафі до абсолютно сухого стану. Після цього зважували, підраховували кількість зерен та визначали масу 1000 абсолютно сухих зерен за формулою:

$M1000 \text{ абс. сух.} = Mz \times 1000 / Kz$, де

$M1000 \text{ абс. сух.}$ – маса 1000 абсолютно сухих зерен, г;

Mz – маса зерен після висушування, які було відібрано з волотей, г;

Kz – кількість зерен в наважці (10 г зерен), яку було відібрано з волотей, шт.

Після отримання даних за масою 1000 абсолютно сухих зерен протягом фази наливу зерна будували графік динаміки наливу зерна та визначали агроєкологічну належність сорту рису.

Технологія вирощування рису загальноприйнята для зони південної частини Степу України, окрім варіантів, що досліджували [1].

За погодними умовами 2019-2021 рр. характеризувалися наступними показниками. 2019 рік характеризувався як досить жарким протягом вегетації (середньодобова температура повітря майже завжди перевищувала багаторічні показники) та посушливим в період II декади червня – I декади серпня. Тому умови не сприяли активному розвитку пірікуляріозу протягом вегетації посівів рису. Лише період з II по III декади травня 2012 р. виявився досить вологим – сума опадів становила 45,0 та 42,8 мм, а середньодобова температура повітря була нижчою за середню багаторічну на 1,8°C та 1,7°C, відповідно, що зумовило зниження ростових процесів у рослин рису. Сума активних температур з III декади квітня по III декаду вересня становила 3268,0°C. 2020 рік характеризувався як досить жаркий протягом першої половини вегетації (середньодобова температура повітря майже завжди

The cultivars were sown with a Klyon-1.5P seeder along the plots. The seed rate was 7,000,000 germinable seeds/ha.

Mineral fertilizers in the experiments were applied manually before sowing. The water mode was as "short flooding" immediately after sowing rice. Rice was harvested with a Yanmar harvester when the grain was fully ripe, with subsequent conversion to 14% moisture content and 100% grain purity.

V.M. Kostromitin's method was used to determine the agro-ecological attribution of the rice cultivars [7]. During the grain filling phase, 10 g of grain was taken from the upper tier of panicles every four days. Then it was dried in a drying cabinet until completely dry. Afterwards, kernels were weighed and counted; the weight of 1,000 completely dry kernels was calculated using the following formula:

$W1000 \text{ abs. dry} = Wk \times 1000 / Nk$, where

$W1000 \text{ abs. dry}$ – weight of 1,000 completely dry kernels, g;

Wk – weight of sampled kernels after drying, g;

Nk – number of sampled kernels in a weighed portion (10 g).

Using data on the 1,000 dry kernel weights throughout the grain filling phase, we plotted a graph of grain filling over time and determined the agro-ecological attribution of the rice cultivars.

The rice cultivation technology was traditional for the Southern Steppe of Ukraine, except for the factors studied [1].

The weather conditions in 2019-2021 are described as follows: 2019 was quite hot during the growing period (the mean daily air temperature was almost always higher than the multi-year average) and dry from the second 10 days of June to the first 10 days of August. Hence, the conditions did not favour intensive development of rice blast during the growing period. Only the second 10 days and the third 10 days of May 2019 turned out to be quite wet: the precipitation amount was 45.0 and 42.8 mm, respectively, and the mean daily air temperature was lower than the multi-year average by 1.8°C and 1.7°C, respectively, slowing down growth processes in rice plants. The sum of active temperatures from the third 10 days of April to the third 10 days of September was 3,268.0°C. 2020 was characterized as quite hot during the first half of the growing period (the mean daily air temperature almost always exceeded the multi-year average) and cool and humid from the first 10 days of July to the second 10 days of September. During

перевищувала багаторічні показники) та прохолодний і вологий в період з I декади липня до II декади вересня. Лише за період з II декади серпня і до кінця вегетації посівів рису випало опадів 95,7 мм, що ускладнило наливу зерна. Тому такі погодні умови сприяли активному розвитку пірікуляріозу у фазі наливу зерна. Також слід відзначити, що середньодобова температура повітря III декади липня була нижчою від середньої багаторічної на 1,1°C. 2021 р. характеризувався як досить прохолодним протягом вегетації та вологим в період I-II декади травня, що негативно вплинуло на сходи рису та подовжило вегетаційний період рослин. Середньодобова температура повітря була нижчою від норми на 1,2-2,2°C. Також у II-III декаді червня випала значна кількість опадів (в сумі 102,4 мм). Такі погодні умови сприяли активному розвитку пірікуляріозу у фазі кушіння. Період у вересні 2021 р. виявився посушливим, що зумовило оптимальні умови для росту та розвитку рослин рису у фазі наливу зерна. Сума активних температур з I липня до II декади вересня становила 1788°C.

Повторність у досліді – триразова. Загальна площа ділянки 30 м², облікова площа ділянки – 24 м² (16,0 × 1,5 м). Усі математичні та статистичні розрахунки проводили у програмах Microsoft Office Excel та Statistica 6.

Результати та обговорення

За різними літературними джерелами в різних країнах оптимальна доза азотно-фосфорних добрив для рису є досить різною. Так, зокрема деякі автори стверджують, що вона становити N120-150P50-60 [8]. Згідно з іншими джерелами доза добрив повинна бути на рівні N110P45, але вона повинна бути розподілена на три внесення рівномірно у фазах сходів, кушіння та наливу зерна [9]. За даними наших досліджень в умовах Півдня України у 2019-2021 рр. було встановлено, що урожайність сортів рису перебувала в прямій залежності від доз азотних добрив, строків їх внесення. Від виду азотних добрив цей показник менше залежав. Найбільший рівень урожайності був на фоні N120 за дворазового підживлення азотом. Так, наприклад, на цьому фоні живлення урожайність у сорту Віконт становила 11,27 т/га, у сорту Корсар – 9,62 т/га, у сорту Лазурит – 8,99 т/га, у сорту Дебют – 7,06 т/га, у сорту Маршал – 9,77 т/га, у сорту Онтаріо – 9,24 т/га (таблиця). Крім того слід відзначити, що за багаторічними

the period from the second 10 days of August to the end of the rice growing period, 95.7 mm of rain only fell, making grain filling difficult. Such weather conditions contributed to the intensive development of rice blast during the grain filling phase. It should also be noted that the mean daily air temperature during the third 10 days of July was lower than the multi-year average by 1.1°C. 2021 was characterized as rather cool during the growing period and wet during the first and second 10 days of May, which had a negative effect on the rice germination and extended the growing period. The mean daily air temperature was 1.2-2.2°C lower than the multi-year average. In addition, a considerable amount of precipitation (102.4 mm in total) fell during the second and the third 10 days of June. Such weather conditions contributed to the intensive development of rice blast in the tillering phase. September 2021 turned out to be arid, meaning the optimal conditions for the growth and development of rice plants in the grain filling phase. The sum of active temperatures from 1st July to the second 10 days of September was 1,788°C.

The experiments were carried out in three replications. The total area of the plot was 30 m²; the record area was 24 m² (16.0 × 1.5 m). All mathematical and statistical calculations were performed in Microsoft Office Excel and Statistica 6.

Results and Discussion

In a number of publications in different countries, the optimal dose of nitrogen-phosphorus fertilizers for rice differed considerably. Some authors reported that it was N120-150P50-60 [8]. According to other references, the fertilizer dose should be N110P45, but it should be divided into three applications evenly in the sprouting, tillering and grain filling phases [9]. Our studies in the South of Ukraine in 2019-2021 showed that the yields of rice cultivars directly depended on doses of nitrogen fertilizers and time of their application. The yields depended on the type of nitrogen fertilizers to a lesser extent. The highest yield was harvested after N120 application and double additional fertilization with nitrogen. For example, in this variant of fertilization, cv. 'Vikont' yielded 11.27 t/ha; cv. 'Korsar' - 9.62 t/ha; cv. 'Lazuryt' - 8.99 t/ha; cv. 'Debiut' - 7.06 t/ha; cv. 'Marshal' - 9.77 t/ha; and cv. 'Ontario' - 9.24 t/ha (Table). In addition, it should be noted that according to long-term

даними для сортів Маршал та Онтаріо основне внесення азотних добрив у формі сульфату амонію було більш ефективним порівняно з карбамідом. Так, урожайність у варіанті N120(сульфат амонію)P30 становила 7,76 та 7,41 т/га відповідно, а у варіанті N120(карбамід)P30 – 7,53 та 7,28 т/га, відповідно. Для сортів Віконт, Корсар та Лазуріт більш ефективним було основне внесення сульфату амонію. Так, урожайність при цьому становила 9,33, 7,99 та 7,27 т/га, відповідно. У сорту Дебют більша продуктивність була у варіанті N120(карбамід)P30 і становила 6,03 т/га, що на 0,37 т/га менше ніж у варіанті N120(сульфат амонію)P30.

Також необхідно відзначити, що було досить ефективним підживлення посівів азотом та давало досить значні прирости урожайності. Так, у сортів Дебют, Маршал, Онтаріо, Віконт, Корсар, Лазуріт на фоні N120P30 за одноразового підживлення прирости урожайності становила 0,65, 0,92, 0,76, 1,23, 1,41 та 1,05 т/га відповідно, а за дворазового – 1,40, 2,01, 1,83, 1,94, 1,63 та 1,72 т/га відповідно. При цьому слід відзначити, що підживлення азотними добривами було більш ефективним в період, коли середньодобові температури підвищувалися.

data on cvs. ‘Marshal’ and ‘Ontario’, the basic application of ammonium sulphate as nitrogen fertilizer was more effective compared to urea. Thus, the yield in the N120 (ammonium sulphate) P30 variant was 7.76 and 7.41 t/ha, respectively, while in the N120 (urea)P30 variant, it was 7.53 and 7.28 t/ha, respectively. For cvs. ‘Vikont’, ‘Korsar’, and ‘Lazuryt’, the basic application of ammonium sulphate was more effective: the yield was 9.33, 7.99, and 7.27 t/ha, respectively. Cultivar ‘Debiut’ yielded more in the N120 (urea)P30 experiment (6.03 t/ha), but it was 0.37 t/ha less than in the N120(ammonium sulphate) P30 experiment.

It should also be noted that nitrogen fertilization was quite effective, ensuring a quite considerable gain in the yield. Thus, in cvs. ‘Debiut’, ‘Marshal’, ‘Ontario’, ‘Vikont’, ‘Korsar’, and ‘Lazuryt’ fertilized with N120P30 as a single dose, the yield was increased by 0.65, 0.92, 0.76, 1.23, 1.41, and 1.05 t/ha respectively; when N120P30 was supplemented with two fertilizations, the yield was increased by 1.40, 2.01, 1.83, 1.94, 1.63 and 1.72 t/ha, respectively. At the same time, it should be noted that nitrogen fertilization was more effective during the period when the mean daily temperature were elevated.

Таблиця 2. Урожайність рису залежно від доз добрив, 2019-2021 рр.

Table 2. Rice yield depending on fertilizer doses, 2019-2021

Варіанти (A) / Variants (A)	Сорт (B) / Cultivar (B)					
	Дебют / Debiut	Маршал / Marshal	Онтаріо / Ontario	Віконт / Vikont	Корсар / Korsar	Лазуріт / Lazuryt
Без добрив / No fertilization	3.76	5.99	6.00	7.06	5.74	5.38
N ₀₊₃₀	4.49	6.60	6.49	7.43	6.20	5.69
N ₀₊₃₀₊₃₀	5.76	7.39	7.04	8.51	7.62	7.04
N ₆₀ P ₃₀	4.76	6.61	6.25	8.14	6.25	5.95
N ₆₀₊₃₀ P ₃₀	5.28	7.35	6.99	8.52	6.98	6.36
N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₃₀	6.04	8.70	7.90	9.47	8.14	7.39
N ₁₂₀	5.30	7.50	7.27	8.77	7.69	7.22
N _{120(ammonium sulphate)} P ₃₀	5.66	7.76	7.41	9.33	7.99	7.27
N _{120(urea)} P ₃₀	6.03	7.53	7.28	8.96	7.53	6.88
N ₁₂₀₊₃₀ P ₃₀	6.31	8.57	8.17	10.56	9.40	8.32
N ₁₂₀₊₃₀₊₃₀ P ₃₀	7.06	9.77	9.24	11.27	9.62	8.99
N ₁₈₀ P ₃₀	6.70	8.59	8.60	10.55	9.11	8.07
HP ₀₅ / LSD ₀₅	A – 0.15; B – 0.14; AB – 0.24					

Внесення азоту спільно з фосфором було ефективним лише для сортів Дебют, Маршал, Віконт та Корсар. Так, прирости урожайності від фосфорних добрив у сорту Віконт

The combined application of nitrogen and phosphorus was only effective for cvs. ‘Debiut’, ‘Marshal’, ‘Vikont’, and ‘Korsar’. Thus, the yield increase from phosphorus fertilizers in cv.

становила 0,56 т/га, у Дебют – 0,36 т/га, у сорту Маршал – 0,26 т/га, у сорту Корсар – 0,30 т/га. У сортів Лазурит та Онтаріо прибавка урожайності була в межах НІР0.05.

При цьому слід відзначити, що використання мінеральних добрив збільшувало кількість продуктивних стебел на 33,2-63,1%. Коефіцієнт продуктивного кушіння був більшим у сорту Дебют – 1,68-2,47, порівняно із сортами Маршал (1,27-2,25) та Онтаріо (1,18-1,80). Найкраще процеси кушіння проходили за дворазового підживлення посівів. Так, на N120P30 за дворазового підживлення коефіцієнт кушіння залежно від сорту становив від 1,71 до 2,47. Також за інтенсивного удобрення маса зерна з волоті збільшувалася на 3,8-50,0%.

Продуктивність сортів рису і їх реакція на добрива залежить від агроекологічних особливостей. Зважаючи на це, ми порівняли динаміку накопичення сухої речовини у трьох сортів рису (Дебют, Онтаріо і Маршал), що відрізняються за агроекологічними особливостями. За результатами досліджень 2019-2021 рр. особливостей наливу зерна було встановлено, що у сорту Дебют накопичення сухих речовин в зерні практично припинялося на початку воскової стиглості. Так, максимальна маса 1000 абсолютно сухих зерен становила 29,0 г на фоні N0+30P30 (рис. 1). Лише на фоні N120+30+30P30 налив зерна продовжувався до середини воскової фази. Слід відзначити, що активно процеси наливу розпочалися в першій половині молочної стиглості зерна, що свідчить про здатність сорту швидко накопичувати поживні речовини.

Отже, у сорту Дебют, налив зерна проходив у фазі молочної стиглості та практично припиняв на початку фази воскової стиглості, тому він придатний для вирощування у найбільш північних зонах поширення цієї культури в Україні, а також придатний до пізніх строків сівби.

У сорту Онтаріо накопичення сухих речовин в зерні продовжувалося до середини воскової стиглості. Так, максимальна маса 1000 абсолютно сухих зерен становила 26,3 г на фоні N0+30P30 (рис. 2). Лише на фоні N120+30+30P30 налив зерна продовжувався до кінця воскової фази. При цьому слід відзначити, що процеси наливу зерна проходили практично рівномірно протягом молочної та першої половини воскової фази стиглості зерна.

‘Vikont’ was 0.56 t/ha; cv. ‘Debiut’ yielded 0.36 t/ha more; cv. ‘Marshal’ - 0.26 t/ha more; and cv. ‘Korsar’ - 0.30 t/ha more. In cvs. ‘Lazuryt’ and ‘Ontario’, the yield increase was within the LSD0.05 limits.

At the same time, it should be noted that mineral fertilizers increased the number of productive stems by 33.2-63.1%. The productive tillering coefficient was higher cv. ‘Debiut’: 1.68-2.47 vs. 1.27-2.25 in cv. ‘Marshal’ and 1.18-1.80 in cv. ‘Ontario’. The tillering processes occurred in the best way with two-time application of fertilizers. The tillering coefficient varied from 1.71 to 2.47 in different cultivars when N120P30 was supplemented with double fertilization. In addition, with intensive fertilization, the kernel weight per panicle increased by 3.8-50.0%.

The performance of rice cultivars and their responses to fertilizers depend on agro-ecological features. With this in mind, we compared the dry matter accumulation over time in three rice cultivars (‘Debiut’, ‘Ontario’, and ‘Marshal’), which differed in agro-ecological features. The grain filling peculiarities were studied in 2019-2021 and the results demonstrated that that in cv. ‘Debiut’, the dry matter accumulation in grain almost stopped at the beginning of waxy ripeness. The maximum weight of 1,000 absolutely dry kernels was 29.0 g in the N0+30P30 experiment (Fig. 1). The grain filling phase only continued until the middle of the waxy phase in the N120+30+30P30 experiment. It should be noted that the grain filling processes actively started in the first half of the grain milky ripeness, indicating the cultivar’s ability to quickly accumulate nutrients.

So, in cv. ‘Debiut’, grain was filled in the milky ripeness phase and almost ceased at the beginning of the waxy ripeness phase; hence, this cultivar is suitable for cultivation in the most northern zones of this crop cultivation in Ukraine; it is also suitable for late sowing.

In cv. ‘Ontario’, the dry matter accumulation in grain continued until the middle of waxy ripeness. The maximum weight of 1,000 completely dry kernels was 26.3 g in the N0+30P30 variant (Fig. 2). Only in the N120+30+30P30 variant, the grain filling continued until the end of the waxy phase. At the same time, it should be noted that the grain filling processes occurred almost evenly during the milky phase and the first half of the waxy ripeness phase.

Отже, у сорту Онтаріо найбільш активно налив зерна проходив у фазі молочної стиглості і першій половині фази воскової стиглості та практично припинявся на початку другої половини фази воскової стиглості, тому він придатний для вирощування у центральній та південній частині Степу України.

Therefore, in cv. 'Ontario', grain was filled most intensively in the milky ripeness phase and the first half of the waxy ripeness phase but almost stopped at the beginning of the second half of the waxy ripeness phase; therefore, this cultivar is suitable for growing in the central and southern parts of the Ukrainian steppe.

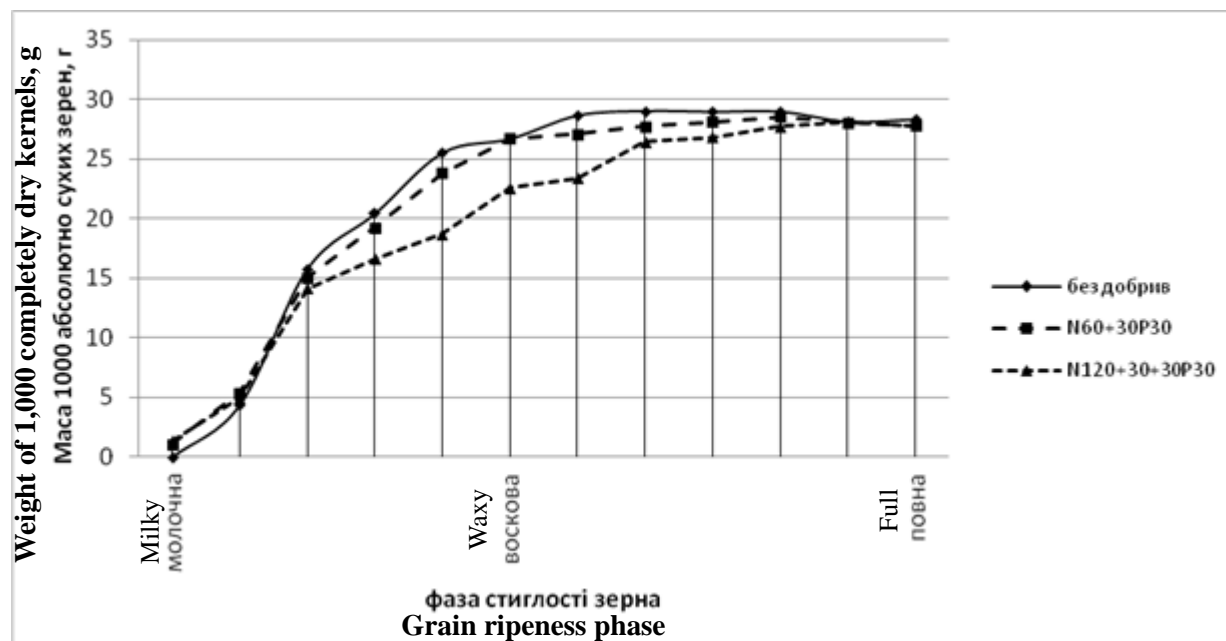


Рис. 1. Динаміка накопичення абсолютно сухої маси в зерні рису сорту Дебют залежно від фону живлення, 2019-2021 рр.

Fig. 1. Accumulation of absolutely dry mass in rice cv. 'Debiut' grain over time on different fertilization regimens, 2019-2021

У сорту Маршал накопичення сухих речовин в зерні продовжувалося практично до кінця воскової стиглості. Так, максимальна маса 1000 абсолютно сухих зерен становила 25,0 г на фоні N120+30+30P30 наприкінці цієї фази (рис. 3). Слід відзначити, що процеси наливу зерна проходили рівномірно протягом всього періоду наливу зерна, що свідчить про повільний перебіг процесів накопичення поживні речовини. Також на інтенсивних фонах живлення практично в усіх сортів спостерігали поступове накопичення абсолютно сухої маси протягом фази наливу зерна.

Отже, у сорту Маршал налив зерна активно проходив в період від фази молочної стиглості до кінця фази воскової стиглості, тому він придатний для вирощування в південних зонах поширення цієї культури в Україні, а також вимагає більш ранніх строків сівби.

Крім того, сорт Дебют, який швидко накопичував запасні речовини в зерні, можна

In cv. 'Marshal', the dry matter accumulation in grain continued almost until the end of waxy ripeness phase. The maximum weight of 1,000 completely dry kernels was 25.0 g at the end of this phase in the N120+30+30P30 experiment (Fig. 3). It should be noted that the grain filling processes occurred uniformly during the entire period of grain filling, indicating a slow accumulation of nutrients. In addition, on intensive fertilization, a gradual accumulation of completely dry mass was observed during the grain filling phase in almost all cultivars.

So, in cv. 'Marshal', an intensive grain filling occurred from the milky ripeness phase to the end of the waxy ripeness phase; therefore, this cultivar is suitable for cultivation in the southern zones of this crop cultivation in Ukraine; it also requires earlier sowing timeframes.

In addition, cv. 'Debiut', which quickly accumulated reserve substances in grain, can be considered as most resistant to temperature

вважати найбільш стабільним до температурного стресу через те, що він здатний пройти фазу наливу зерна до зниження середньодобових температур.

stress due to the fact that it is able to go through the grain filling phase before the mean daily temperature drops.

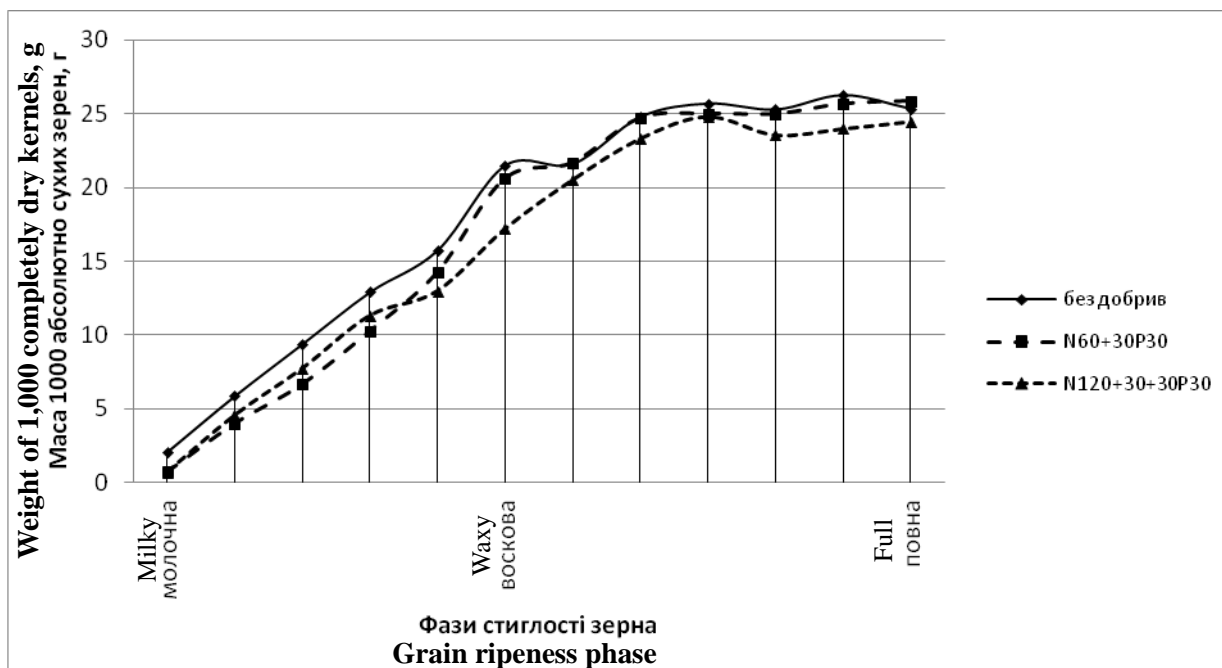


Рис. 2. Динаміка накопичення абсолютно сухої маси в зерні рису сорту Онтаріо залежно від фону живлення, 2019-2021 рр.

Fig. 2. Accumulation of absolutely dry mass in rice cv. 'Ontario' grain over time on different fertilization regimens, 2019-2021

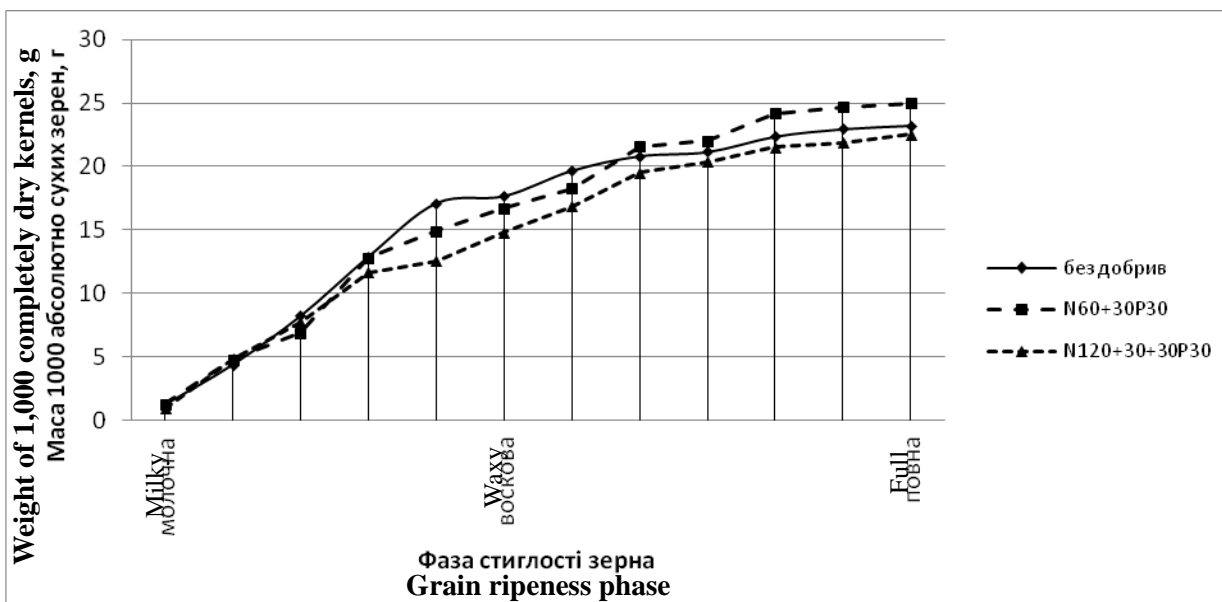


Рис. 3. Динаміка накопичення абсолютно сухої маси в зерні рису сорту Маршал залежно від фону живлення, 2019-2021 рр.

Fig. 3. Accumulation of absolutely dry mass in rice cv. 'Marshal' grain over time on different fertilization regimens, 2019-2021

Сорт Маршал, навпаки, можна вважати найменш стійким до стресових температур через те, що в нього процеси наливу зерна проходили за пониженого температурного режиму, що в роки з раннім зниженням середньодобових температур не дає змоги реалізувати його потенціал. Але у більш ранніх сортів, як правило, потенційна урожайність значно нижча. Тому сорт Онтаріо виявився найбільш оптимальним для нашої зони: налив зерна у нього відбувається до настання несприятливих умов.

За результатами цих досліджень у 2019-2021 рр. ми виділили три агроекологічні типи сортів рису – північний, помірний та південний.

Так, якщо налив зерна сортів рису в умовах затоплення, найбільш активно проходить у фазі молочної стиглості та практично припиняється на початку фази воскової стиглості, то такі сорти можна віднести до північного агроекологічного типу. Ці рослини швидко накопичують пластичні речовини в зерні, а значить проходять фазу наливу зерна до зниження середньодобових температур (для рису лімітуючим фактором є саме температурний режим). Сорти північного типу агроекологічної належності придатні для вирощування у північній частині зони поширення рису в Україні, а також придатні до пізніх строків сівби.

Якщо налив зерна сортів рису в умовах затоплення найбільш активно проходить у фазі молочної стиглості і першій половині фази воскової стиглості та практично припиняється на початку другої половини фази воскової стиглості, то такі сорти можна віднести до помірному типу агроекологічної належності. Сорти помірному типу агроекологічної належності придатні для вирощування у центральній та південній частині Степу України.

Зрештою, якщо налив зерна сортів рису в умовах затоплення, активно проходить від фази молочної стиглості до кінця фази воскової стиглості, то такі сорти можна віднести до південного типу агроекологічної належності. Ці рослини повільно накопичують пластичні речовини в зерні, а значить не завжди можуть пройти фазу наливу зерна до зниження середньодобових температур. Також цей тип можна вважати найменш стійким до несприятливого температурного режиму. Сорти південного типу агроекологічної належності придатні для вирощування в південній частині зони поширення рису, а також вимагають більш ранніх строків сівби.

On the contrary, cv. 'Marshal' can be considered as least resistant to stressful temperature because in years with an early decrease in the mean daily temperature, when its grain was filled at low temperatures, this cultivar cannot fulfil its potential. However, in more early-ripening cultivars, as a rule, the potential yield is much lower. That is why cv. 'Ontario' turned out to be most optimal for our zone: its grain is filled before the onset of unfavourable conditions.

Based on the results of these studies in 2019-2021, we identified three agro-ecological types of rice cultivars - northern, temperate, and southern.

Thus, if the grain filling in rice cultivars under flooding conditions occurs most intensively in the milky ripeness phase and almost stops at the beginning of the waxy ripeness phase, such cultivars can be attributed to the northern agro-ecological type. These plants quickly accumulate plastic substances in grain, meaning that they go through the grain filling phase until the mean daily temperatures drops (for rice, it is the temperature mode that is the limiting factor). Cultivars of the northern agro-ecological type are suitable for growing in the northern part of the rice cultivation zone in Ukraine, and can be also sown late.

If the grain filling in rice cultivars under flooding conditions occurs most intensively in the milky ripeness phase and the first half of the waxy ripeness phase, almost stopping at the beginning of the second half of the waxy ripeness phase, such cultivars can be attributed to the temperate agro-ecological type. Cultivars of the temperate agro-ecological type are suitable for growing in the Central and Southern Steppe of Ukraine.

Finally, if the grain filling in rice cultivars under flooding conditions intensively occurs from the milky ripeness phase to the end of the waxy ripeness phase, such cultivars can be attributed to the southern agro-ecological type. These plants accumulate plastic substances in grain slowly, meaning that they cannot always go through the grain filling phase before the mean daily temperatures drops. Also, this type can be considered as least resistant to adverse temperatures. Cultivars of the southern agro-ecological type are suitable for growing in the southern part of the rice cultivation zone; they also require earlier sowing timeframes.

Висновки.

1. Найбільший рівень урожайності сорти рису забезпечували на фоні N120 за дворазового підживлення азотом: сорт Віконт – 11,27 т/га, сорт Корсар – 9,62 т/га, сорт Лазурит – 8,99 т/га, сорт Дебют – 7,06 т/га, сорт Маршал – 9,77 т/га, сорт Онтаріо – 9,24 т/га.

2. Для сортів Віконт, Корсар та Лазурит більш ефективним було в основне внесення сульфату амонію. Так, урожайність при цьому становила 9,33, 7,99 та 7,27 т/га відповідно. У сорту Дебют більша продуктивність була за варіанту N120(карбамід)P30 – 6,03 т/га. На урожайність сортів Маршал та Онтаріо видобрив за основного внесення не впливав.

3. Дворазові підживлення посівів азотом на фоні N120P30 забезпечували значні прибавки урожайності сортів Дебют, Маршал, Онтаріо, Віконт, Корсар, Лазурит, які становили 1,40, 2,01, 1,83, 1,94, 1,63 та 1,72 т/га відповідно.

4. Сорт Дебют належить до північного агроecологічного типу, Онтаріо – до помірного і сорт Маршал – до південного.

Conclusions.

1. The greatest yield from the rice cultivars was harvested when they were double fertilized with nitrogen on N120 background: cv. 'Vikont' yielded 11.27 t/ha, cv. 'Korsar' - 9.62 t/ha, cv. 'Lazuryt' - 8.99 t/ha, cv. 'Debiut' - 7.06 t/ha, cv. 'Marshal' – 9.77 t/ha, and cv. 'Ontario' – 9.24 t/ha.

2. For cvs. 'Vikont', 'Korsar', and 'Lazuryt', it was more effective to apply ammonium sulphate as basic fertilization. In this variant they yielded 9.33, 7.99, and 7.27 t/ha, respectively. Cv. 'Debiut' yielded most (6.03 t/ha) when fertilized with N120 (urea)P30. The yields of cvs. 'Marshal' and 'Ontario' were not affected by fertilizer type used for basic fertilization.

3. Double fertilization with nitrogen on N120P30 background ensured a significant increase in the yields of cvs. 'Debiut', 'Marshal', 'Ontario', 'Vikont', 'Korsar' and 'Lazuryt': 1.40, 2.01, 1.83, 1.94, 1.63, and 1.72 t/ha, respectively.

4. Cv. 'Debiut' belongs to the northern agro-ecological type; cv. 'Ontario' - to the temperate type; and cv. 'Marshal' - to the southern type.

References

1. Technology of rice cultivation with due account for the requirements of environment protection on farms of Ukraine / V. V. Dudchenko, M. M. Lisovyi, R., R.A. Vozhehova et al. - Skadovsk, AS. - 2011. - 84 p. [in Ukrainian]
2. Alyoshin Ye. P., Tur N. S. Effect of nitrogen on tillering intensity and rice yield. Trudy VNII Risa, 1971. – 1: 50-53. [in Russian]
3. Vantsovskiy A. A. Rice crop in Ukraine. Kherson: Ailant. 2004. – 172 p. [in Ukrainian]
4. Alyoshin Ye. P., Alyoshin I. Ye. Rice. Krasnodar: Inform - Tsentr, 1997. - 504 p. [in Russian]
5. Vorobyov N. V., Skazhenik M. Physiological basics of mineral nutrition of rice. Krasnodar, Mir Kubani, 2005. – 194 p. [in Russian]
6. Dospekhov B. A. Methods of field experimentationn. - M.: Kolos, 1979. - 416 p. [inn Russian]
7. Kostromitin V.M. Methods for determining agro-ecological plasticity of varieties: [Methodological recommendations]. Kharkiv, 1985. – 14 p. [in Russian]
8. TNAU Agritech portal [Internet]. Crop Production: Cereals: Rice: Transplanted Puddled Lowland Rice: Rights Reserved. TNAU 2008 – 2022 [update on Dec 2022]. Available from: <https://agritech.tnau.ac.in/agriculture/>.
9. KAU Agri-Infotech Portal [Internet]. Centre for e-Learning Kerala Agricultural University. 2019 [update 2024 Sept 10]. Available from: <http://www.celkau.in/crops/Cereals/Rice/>.

Надійшла до редакції 15.06.2024 р.
Received 15.06.2024