

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202102-294>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/294>

УДК 631.6:631.45:633.18

ВПЛИВ РЕЖИМУ ЗРОШЕННЯ РИСУ НА ОКИСНО-ВІДНОВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ

К.В. Дудченко¹, канд. с.-г. наук, Т.М. Петренко², м.н.с., О.І. Флінта³, м.н.с., М.М. Дацюк⁴, м.н.с.

¹ Інститут рису Національної академії аграрних наук, 75705, Херсонська обл., Скадовський р-н, с. Антонівка; <https://orcid.org/0000-0001-5567-7690>, e-mail: catherin.dudchenko@gmail.com ;

² Інститут рису Національної академії аграрних наук, 75705, Херсонська обл., Скадовський р-н, с. Антонівка; <https://orcid.org/0000-0002-5096-5973>, e-mail: chemikal777@gmail.com;

³ Інститут рису Національної академії аграрних наук, 75705, Херсонська обл., Скадовський р-н, с. Антонівка; <https://orcid.org/0000-0003-4181-3836>, e-mail: aflinta.83@gmail.com;

⁴ Інститут рису Національної академії аграрних наук, 75705, Херсонська обл., Скадовський р-н, с. Антонівка; <https://orcid.org/0000-0002-4128-3997>, e-mail: nikolaydacuk@gmail.com

Анотація. Під час вирощування рису в умовах затоплення на полі протягом 3-х місяців підтримується шар води, відбуваються процеси, що призводять до зміни складу органічних та мінеральних компонентів ґрунту, а саме: внос легкорозчинних речовин та рухомих форм елементів живлення, домінування відновних процесів над окисними. Зрошення посівів рису за допомогою системи краплинного зрошення також зумовлює зміни в сольовому та водно-повітряному режимах, що призводить до формування сольових мішків та токсичного засолення ґрунту у шарі 0–60 см. Негативний вплив краплинного зрошення не настільки відчутний, порівняно з умовами затоплення і може бути ліквідований дотриманням сівозміни з наповненістю основною культурою не більше 50%.

Дослідження проводили протягом 2016–2020 рр. на території Інституту рису НААН та ДП «ДГ Інституту рису НААН» (Скадовський район, Херсонська область), ґрунтовий покрив представлено темно-каштановим солонцюватим ґрунтом. Вивчення впливу вирощування рису в умовах затоплення проводили на рисовій зрошувальній системі площею 190 га, а в умовах краплинного зрошення на полігоні площею 4 га. Окисно-відновний режим орного шару ґрунтів рисових сівозмін за вирощування рису має сезонний характер – у період підтримання шару води на полі в орному шарі ґрунту переважають процеси відновлення, після збирання врожаю та осушення чеків інтенсивність відновних процесів помірна і знижується.

Побудовано модель, що описує даний процес рівнянням квадратичної параболі. Вирощування рису в умовах краплинного зрошення також призводить до зниження окисно-відновного потенціалу до від'ємних значень, але на короткий період, що не чинить негативний вплив на ґрунт. Динаміка даного показника в умовах краплинного зрошення описана рівнянням квадратичної параболі. Постійний моніторинг даного процесу дозволяє характеризувати стабільність коливань окисно-відновної рівноваги ґрунтового середовища, що є важливим для оцінювання якості ґрунту.

Ключові слова: рис, ґрунт, зрошення затопленням, краплинне зрошення, окисно-відновний режим

Актуальність. Рис – один з найцінніших продуктів харчування, його виробництво є складовою частиною зернового господарства України, як стратегічної галузі народного господарства. Крім цього, вирощування рису має важливе значення також як фактор ефективного використання малопродуктивних земель, поліпшення їх родючості й меліоративного стану та одержання на них високих урожаїв інших зернових та кормових культур [1].

Враховуючи сучасний стан зрошувального землеробства в Україні, незадовільний технічний стан значної частини зрошувальних систем, а також рівень ресурсного

технологічного та технічного забезпечення галузі, можна стверджувати, що існує висока потенційна небезпека розвитку негативних процесів та явищ на зрошуваних ландшафтах. Тому роботи, пов'язані зі спостереженням за станом зрошуваних земель, зокрема рисових зрошувальних систем, мають особливу значущість, як з точки зору своєчасного виявлення негативних процесів та явищ, так і з метою визначення фактичного еколого-агроекологічного стану земель. Вони мають бути основою для розробки та здійснення комплексу заходів із поліпшення стану та підвищення продуктивності зрошуваних агроландшафтів [2, 3].

Своєрідний окислювально-відновний режим зрошуваних ґрунтів порушує природну рівновагу, що сформувалась у природних для даної зони гідрологічних умовах, впливає на інтенсивність міграції по профілю хімічних сполук і окремих елементів, синтез і розкладання мінеральних і органічних речовин, швидкість протікання мікробіологічних і біохімічних процесів, які значною мірою визначають рівень родючості та продуктивності таких ґрунтів [4]. Режим зрошення сільськогосподарських культур формує окисно-відновний, водно-повітряний, поживний та сольовий режими ґрунту, які, своєю чергою, впливають на хімічні, фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунту, його родючість.

Під час вирощування рису в умовах затоплення на полі протягом 3-х місяців підтримується шар води протягом, відбуваються процеси, що призводять до зміни складу органічних та мінеральних компонентів ґрунту, а саме, винос легкорозчинних речовин та рухомих форм елементів живлення, домінування відновних процесів над окисними [5]. Через постійне чергування відновних та окисних умов відбувається глибоке розкладання мінеральної основи ґрунтотворних порід, що спричиняє розвиток процесів оглеєння та злитизації ґрунтів [6, 7]. Довготривале вирощування рису призводить до глибокого розсолонення, розсолонцювання та створює нетиповий водно-повітряний та сольовий режими ґрунтів. Через значні зміни, які зумовлює тривале використання ґрунтів для вирощування рису, такі ґрунти називаються рисовими або акваземами [8]. Зрошення посівів рису за допомогою системи краплинного зрошення також зумовлює зміни в сольовому та водно-повітряному режимах, що призводить до формування сольових мішків та токсичного засолення ґрунту у шарі 0–60 см. Негативний вплив краплинного зрошення не настільки відчутний, порівняно з умовами затоплення, і може бути ліквідований дотриманням сівозміни з наповненістю основною культурою не більше 50%.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Вплив вирощування рису на ґрунт вивчався багатьма вітчизняними та закордонними вченими (Edwards, Santos-Medellín, Nguyen, Kilmer, Liechty, Veliz, Ni, Phillips, Sundaresan, Шеуджен А.Н., Гуторова О.А., Баширов М.А., Шапошников Д.Г., Морозов В.В., Корнбергер В.Г., Рокочинський А.М., Кропивко С.М., Турченко В.О., Титков О.О. та ін.). У їхніх працях було розглянуто вплив вирощування рису, в умовах затоплення та краплинного

зрошення, на водно-повітряний, поживний, сольовий, окисно-відновний режими ґрунтів, вплив рисівництва на прилеглі території [4–12]. На нашу думку, окисно-відновний режим, а саме моделювання динаміки окисно-відновного потенціалу в орному шарі ґрунту упродовж вегетаційного періоду рису досліджено недостатньо.

Отже, **метою досліджень** є вивчення окисно-відновних режимів ґрунту (шар 0–20 см), що використовуються для вирощування рису в різних меліоративних умовах.

Матеріали і методи дослідження.

Дослідження проводили протягом 2016–2020 рр. на території Інституту рису НААН та ДП «ДГ Інституту рису НААН», що знаходяться у Скадовському районі, Херсонської області. Вплив вирощування рису на ґрунт в умовах затоплення вивчали на рисовій зрошувальній системі площею 190 га, що експлуатується близько 60 років, а вплив вирощування рису за краплинного зрошення – на полігоні краплинного зрошення площею 4 га. Ґрунтовий покрив представлено темно-каштановим солонцюватим ґрунтом.

Змішані зразки ґрунту відбирали з шару 0–20 см до посіву рису, 1 раз на місяць у період вегетації, та після збирання рису. Показник рН визначався потенціометрично (ДСТУ ISO 10390:2007), вміст заліза за ДСТУ 7913:2015.

Окисно-відновний потенціал ґрунту визначався за рівнянням І. П. Сердобольського, яке пов'язує окисно-відновний потенціал (ОВП) та вміст у ґрунті закисного заліза (1). В цьому рівнянні враховано величину нормального ОВП та добуток розчинності гідроксидів заліза [14].

$$E = 1,122 + 0,145\sqrt{I} - 0,174\text{pH} - 0,0581\text{lg}[Fe^{2+}] \quad (1)$$

де, I – іонна сила розчину.

Результати дослідження та їх обговорення. Рисові зрошувальні системи побудовані на темно-каштанових та каштанових солонцюватих ґрунтах у комплексі з солонцями (10–30%). В формуванні хімічних властивостей ґрунту, його генетичних горизонтів та родючості окисно-відновні процеси відіграють провідну роль. Під час вирощування рису за діючою технологією на полі протягом 3-х місяців підтримується шар води протягом, що призводить до розвитку процесів заболочення. Найбільше звертають увагу на відновлювану трансформацію заліза, марганцю, азоту, сірки, груповий та фракційний склад гумусу [12–14].

Властивість ґрунту вступати в окисно-відновні реакції можна виміряти за допомогою **окисно-відновного потенціалу (ОВП). Нормальний окисно-відновний потенціал**

дорівнює окисно-відновному потенціалу системи, в якій активність окисленої та відновленої форм речовини рівні [13].

Найважливіші цикли перетворення азоту в ґрунті – процеси нітрифікації та денітрифікації пов'язані з умовами аерації і, відповідно, з особливостями окисно-відновного режиму. Процеси нітрифікації найбільш інтенсивно розвиваються в умовах доброї аерації ґрунту, а оптимальний ОВП складає 0,35–0,55 В. Зниження аерації значно ускладнює процес нітрифікації, який сповільнюється на стадії утворення нітритів. В анаеробних умовах розвиваються відновлювальні процеси і нітрифікація повністю припиняється, а в ґрунті переважають процеси денітрифікації, з якими пов'язані основні втрати азоту з ґрунту.

І. П. Сердобольський розробив градацію окисно-відновних умов розвитку процесів денітрифікації: ОВП >0,48 В – нітрати; ОВП 0,48–0,34 В – нітрати-нітрити; ОВП 0,34–0,20 В – нітрити; ОВП <0,20 – оксиди азоту-молекулярний азот [13].

Динаміка ОВП обернена до динаміки вмісту закисного заліза. При вирощуванні рису, до затоплення чеків, ОВП становить

0,08–0,16 (помірно відновні процеси), потім даний показник опускається до –0,03...–0,14, що свідчить про інтенсивні процеси відновлення, після осушення чеків ОВП піднімається до 0,08–0,18 (рисунок 1).

Коефіцієнт варіації ОВП за вирощування рису становить 18,95–33,00%, що свідчить про середній рівень варіативності низки даних та про їх типовість. Динаміку ОВП орного шару ґрунту РЗС за вирощування рису можна описати рівнянням квадратичної параболи, при цьому коефіцієнт детермінації становитиме 0,85 (рис. 1).

В умовах краплинного зрошення за вирощування рису ОВП орного шару ґрунту варіювався в межах від –0,041 до 0,272. Даний показник до початку поливу рису становив 0,214–0,272, що свідчить про помірно відновні процеси в ґрунті, потім ОВП знижувався від 0,075–0,086, до –0,041. В період від 10.07 до 20.09 в орному шарі ґрунту переважають відновні процеси. Після 20.09 значення ОВП піднімаються до початкових значень (рис. 2).

Статистична оцінка результатів досліджень ОВП орного шару ґрунту полігону краплинного зрошення свідчить про низьку

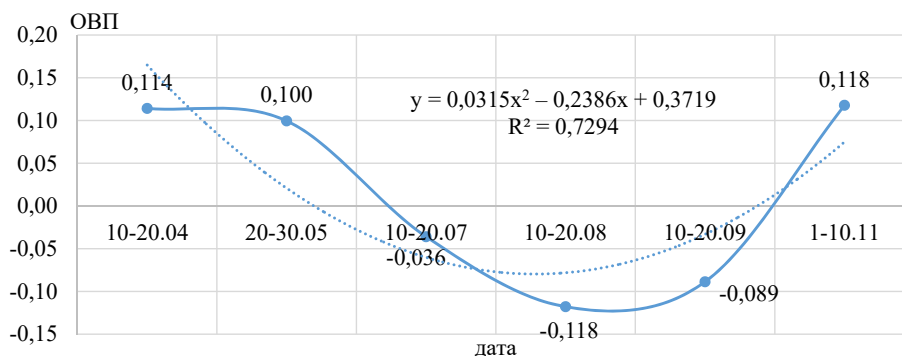


Рис. 1. Модель динаміки окисно-відновного потенціалу в орному шарі ґрунту РЗС за вирощування рису

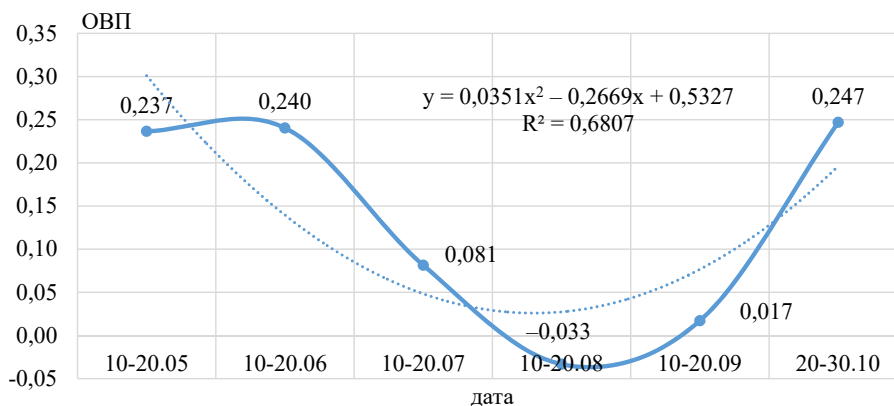


Рис. 2. Модель динаміки окисно-відновного потенціалу орного шару ґрунту за краплинного зрошення рису

та середню варіативність даних. Коефіцієнт варіації за вирощування рису становить 6,25–19,26. Динаміка ОВП орного шару ґрунту полігону краплинного зрошення за вирощування рису описана рівнянням квадратичної параболи (рис. 2). Коефіцієнт детермінації становить за вирощування рису 0,83.

Висновки. Проаналізовано окисно-відновний режим орного шару ґрунтів рисових сівозмін за вирощування рису, визначено, що даний процес має сезонний характер – у період підтримання шару води на полі в орному шарі ґрунту протікають інтенсивно процеси відновлення, після збирання врожаю та осушення чеків інтенсивність відновних процесів помірна і знижується. Динаміка окисно-відновного потенціалу протягом вегетаційного режиму рису описана рівнянням квадратичної параболи.

Вирощування рису в умовах краплинного зрошення також призводить до зниження окисно-відновного потенціалу до від'ємних значень, але на короткий період, що не впливає негативно на ґрунт. Динаміка даного показника в умовах краплинного зрошення описана рівнянням квадратичної параболи.

Постійний моніторинг даного процесу дозволяє характеризувати стабільність коливань окисно-відновної рівноваги ґрунтового середовища, що є важливим для оцінювання якості ґрунту. При дотриманні науково-обґрунтованих сівозмін та задовільного технічного стану рисової системи забезпечується швидке осушення чеків та зниження рівня підґрунтових вод після закінчення поливу рису, що дозволяє підтримувати родючість ґрунтового покриву на високому рівні та не допустити розвиток деградаційних процесів.

Бібліографія

1. Ванцовський А. А., Вожегова Р. А., Вожегов С. Г. Рис – цінна харчова культура. Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье : материалы XIV международного симпозиума : тезисы докл. Симферополь, 2005. С. 211–213.
2. Ромащенко М. І., Балюк С. А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення. Київ : Світ, 2000. 114 с.
3. Ромащенко М. І., Драчинська Е. С., Шевченко А. М. Інформаційне забезпечення зрошувального землеробства. Концепція, структура, методологія організації. Київ : Аграрна наука, 2005. 196 с.
4. Гуророва О. А. Современное состояние плодородия почв рисовых агроландшафтов Кубани и тренд его изменения в процессе сельскохозяйственного использования : дис. ... доктора с.-г. наук: 03.02.13 Краснодар : Всероссийский научно-исследовательский институт риса, 2020. 509 с.
5. Гуророва О. А., Шеуджен А. Н. Морфогенез рисовых лугово-болотных почв Кубани // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2016. № 6. С. 25–27.
6. Тронза Г. В., Баширов М. А. Эволюция почв рисовых агроценозов сухостепной зоны Крыма // *Агрономия и лесное хозяйство*. 2015. № 5. С. 33–53.
7. Soil texture and cultivar effects on rice (*Oryza sativa*, L.). Grain yield, yield components and water productivity in three water regimes / Fugen Dou and other // *PLoS One*. 2016. 11(3). e0150549. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150549>
8. Тортник М. Й. Особливості засоленості ґрунтів рисових систем Одещини // *Геополітика та есореодинаміка регіонів*. 2014. № 5. С. 909–913.
9. Soil domestication by rice cultivation results in plant-soil feedback through shifts in soil microbiota / Edwards, J. and other // *Genome Biol*. 2019. № 20. P. 221. <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13059-019-1825-x>
10. Титков А. А. О возможном развитии неблагоприятных последствий прекращения работы Северо-Крымского канала для Крымского рисосеяния // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2016. № 7(170). С. 23–27.
11. Титков А. А., Кольцов А. В. Влияние орошения затоплением на мелиоративные условия и почвенный покров Присивашья. Симферополь, 1995. 196 с.
12. Рис в Україні : [колективна монографія / за ред. д.т.н., професора, член-кор. НААНУ В. А. Сташука, д.т.н., професора А. М. Рокочинського, д.е.н., професора Л. М. Грановської. Херсон : Гринь Д. С., 2014. 976 с.
13. Орлов Д. С. Химия почв : учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во МГУ, 1992. 400 с.
14. Зонн С. В. Железо в почвах (генетические и географические аспекты). Москва : Наука, 1982. 208 с.

References

1. Vantsovskiy, A. A., Vozhehova, R. A., & Vozhehov S. H. (2005). Rys – tsinna kharchova kultura [Rice is a valuable food crop]. *Netradytsyonnoe rastenyevodstvo. Enyolohyia. Ekolohyia y zdorove : materyalu KhIV mezhdunarodnoho sympozyuma. Symferopol*, 211–213. [in Russian]
2. Romashchenko, M. I., & Baliuk, S. A. (2000). Zroshennia zemel v Ukraini. Stan ta shliakhy polipshennia [Irrigation in Ukraine. State and ways to improve]. Kyiv : Svit. [in Ukrainian]
3. Romashchenko, M. I., Drachynska, E. S., & Shevchenko, A. M. (2005). Informatsiine zabezpechennia zroshuvanoho zemlerobstva. Kontseptsii, struktura, metodolohiia orhanizatsii [Information support of irrigated agriculture. Concept, structure, methodology of the organization]. Kyiv : Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
4. Hutorova, O. A. (2020). Sovremennoe sostoianye plodorodyia pochv risovykh ahrolandshaftov Kubani i trend eho izmeneniya v protsesse selskokhoziaistvennoho ispolzovaniya [The current state of soil fertility of rice agrolandscapes of Kuban and the trend of its change in the process of agricultural use]. Doctor's thesis. Krasnodar : Vserossyiskiy nauchno-ysledovatel'skiy institut risa. [in Russian]
5. Hutorova, O. A., & Sheudzhen, A. N. (2016). Morfohenez rsovykh luhovo-bolotnykh pochv Kubani [Morphogenesis of rice meadow-swamp soils of Kuban]. *Rossyiskaia selskokhoziaistvennaia nauka*, 6, 25-27. [in Ukrainian]
6. Tronza, H. V., & Bashyrov, M. A. (2015). Evoliutsiya pochv risovyykh ahrotsenozov sukhostepnoi zony Kryma [Evolution of rice agrocenoses soils of the dry steppe zone of Crimea]. *Ahronomyia y lesnoe khoziaistvo*, 5, 33–53. [in Russian]
7. Fugen, Dou, Junel, Soriano, Rodante E., Tabien, Kun, Chen. (2016). Soil texture and cultivar effects on rice (*Oryza sativa*, L.). Grain yield, yield components and water productivity in three water regimes. *PLoS One*, 11(3), e0150549. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150549>
8. Tertyk, M. Y. (2014). Osoblyvosti zasolenosti hruntiv rysovykh system Odeshchyny [Features of salinity of rice systems soil of Odesa region]. *Neopolityka ta esoreodynamika rehioniv*, 5, 909–913. [in Ukrainian]
9. Edwards, J., Santos-Medellín, C., Nguyen, B., Kilmer, J., Liechty, Z., Veliz, E., Ni, J., Phillips, G., Sundaresan, V. (2019). Soil domestication by rice cultivation results in plant-soil feedback through shifts in soil microbiota. *Genome Biol*, 20, 221. <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13059-019-1825-x>
10. Titkov, A. A. (2016). O vozmozhnom razvitii neblahopryiatnykh posledstvyi prekrashcheniya raboty Severo-Krymskoho kanala dlia Krymskoho rysoseianiya [About possible development of adverse consequences of the termination of work of the North Crimean channel for the Crimean rice growing]. *Yzvestiya selskokhoziaistvennoi nauky*, 7(170), 23–27. [in Russian]
11. Titkov, A. A., & Kol'cov, A. V. (1995). Vliyanie orosheniya zatopleniem na meliorativnyie usloviya i pochvennyi pokrov Prisivashya [The effect of irrigation by flooding on reclamation conditions and soil cover of the Sivash region]. *Simferopol*. [in Russian]
12. Stashuk, V. A. (Ed.), Rokochynskiy, A. M. (Ed.), & Hranovska, L. M. (Ed.) (2014). Rys v Ukraini [Rise in Ukraine]. Kherson : Hrin D. S. [in Ukrainian]
13. Orlov, D. S. (1992). Khimia pochv [Soil chemistry] Moskva : Yzd-vo MHU. [in Russian]
14. Zonn, S. V. (1982). Zhelezo v pochvakh (henetycheskie i heoraficheskie aspekty) [Iron in soils (genetic and geographical aspects)]. Moskva : Nauka. [in Russian]

Е.В. Дудченко, Т.Н. Петренко, Е.И. Флинта, Н.Н. Дацюк

Влияние режима орошения риса на окислительно-восстановительный режим почв

Аннотация. При выращивании риса в условиях затопления на поле в течение 3-х месяцев поддерживается слой воды, протекают процессы, провоцирующие изменение состава органических и минеральных компонентов почвы, а именно: вынос легкорастворимых веществ и подвижных форм элементов питания, доминирование восстановительных процессов над окислительными. Капельное орошение посевов риса изменяет солевой и водно-воздушный режимы почвы, что приводит к формированию солевых мешков и токсическому засолению почвы в слое 0–60 см. Негативное влияние капельного орошения не столь ощутимо, по сравнению с поливом затоплением, и может быть ликвидировано соблюдением севооборота с наполненностью основной культурой риса не более 50%. Исследование проводили в течение 2016–2020 гг. на территории Института риса НААН и ГП «ОХ Института риса НААН» (Скадовский район, Херсонская область), почвенный покров представлен темно-каштановой солонцеватой почвой. Изучение влияния выращивания риса в условиях затопления проводили на рисовой оросительной системе площадью 190 га, а в условиях капельного орошения на полигоне площадью 4 га. Окислительно-восстановительный режим пахотного

слоя почв рисовых севооборотов при выращивании риса имеет сезонный характер – в период поддержания слоя воды на поле в почве преобладают процессы восстановления, после уборки урожая и осушения чеков интенсивность восстановительных процессов умеренная и снижается. Построена модель, описывающая данный процесс уравнением квадратичной параболы. Выращивание риса в условиях капельного орошения также приводит к снижению окислительно-восстановительного потенциала до отрицательных значений, но на короткий период, что не оказывает негативное влияние на почву. Динамика данного показателя в условиях капельного орошения описана уравнением квадратичной параболы. Постоянный мониторинг данного процесса позволяет характеризовать стабильность колебаний окислительно-восстановительного равновесия почвенной среды, что является важным для оценки качества почвы.

Ключевые слова: рис, почва, орошение затоплением, капельное орошение, окислительно-восстановительный режим

K. V. Dudchenko, T. M. Petrenko, O. I. Flinta, M. M. Datsiuk

Effect of the irrigation regime of rise on soil oxidation-reduction status

Abstract. During the cultivation of rice in the field for 3 months, the required water layer is maintained. In these conditions, there are the processes that lead to changes in the composition of organic and mineral components of the soil, namely: removal of easily soluble substances and mobile forms of nutrients, the dominance of reduction processes over oxidation ones. Irrigation of rice crops using drip irrigation also causes changes in salt and water-air regimes, which leads to the formation of salt bags and toxic salinization of the soil in a layer of 0–60 cm. The negative effect of drip irrigation is not so noticeable compared to flooding conditions and can be eliminated by observing crop rotation with the rate of the main crop not more than 50%.

The research was conducted during 2016–2020 in the territory of the Rice Institute of NAAS and its experimental farm (Skadovsk district, Kherson region), where the soil cover is represented by dark chestnut saline soil. The study of the effect of rice cultivation in flood conditions was carried out on a rice irrigation system with an area of 190 ha, and under drip irrigation – on a demonstration trail with an area of 4 ha. The oxidation-reduction status of the arable soil layer of rice crop rotations when rice growing, is seasonal. In the period of water layer maintaining in the field, in the arable layer reduction processes predominate, while after harvesting and checks draining the intensity of the reduction processes is moderate and decreases.

A model describing this process by the equation of a quadratic parabola was constructed. Growing rice under drip irrigation also reduces the oxidation-reduction soil capacity to negative values, but for a short period, which does not adversely affect the soil. The dynamics of this indicator in the conditions of drip irrigation is described by the equation of a quadratic parabola. Continuous monitoring of this process enables to evaluate the stability of fluctuations of the oxidation-reduction soil balance, which is important for assessing soil quality.

Key words: rice, soil, flood irrigation, drip irrigation, oxidation-reduction status