

Научная статья  
УДК 635.657:631.671:631.82  
doi: 10.28983/asj.y2023i11pp130-135

**Водопроницаемость темно-каштановой почвы и агрохимические факторы, определяющие урожайность нута**

**Анатолий Петрович Солодовников<sup>1</sup>, Дмитрий Александрович Уполовников<sup>1</sup>, Наталия Николаевна Гусакова<sup>1</sup>, Виктор Владиславович Корсак<sup>1</sup>, Дмитрий Васильевич Сураев<sup>1</sup>, Альбина Юрьевна Лёвкина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

<sup>3</sup>ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», г. Саратов, Россия

e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

**Аннотация.** Приводится шестилетний анализ изменения водопроницаемости почвы по вариантам основной обработки. Вспашка плугом ПБС-10 П уменьшала водопроницаемость на 3,1 %. Увеличение плотности почвы на 6,3 % по безотвальной обработке и на 9,8 % по минимальной снижало соответственно вариантам водопроницаемость на 13,3 и 41,9 %. Расчет уравнения множественной регрессии и полный корреляционный анализ показали, что максимальное влияние на водопроницаемость оказывает глубина основной обработки – 44,92 %, плотность почвы определяла данный показатель на 38,17 %, влажность только на 0,91 %, доля неучтенных факторов составила 16 %. Урожайность зерна нута изменялась от 0,39–0,65 т/га в 2020 г. ( $GTC_{\text{май-август}} = 0,20$ ) до 1,54–2,12 т/га в 2023 г. ( $GTC_{\text{май-август}} = 0,64$ ). За шесть лет наблюдений по фактору А (основная обработка почвы под нут) максимальная урожайность зерна нута без применения агрохимикатов отмечена на вспашке 1,19 т/га (ПЛН-8-35) и 1,20 т/га (ПБС-10 П). На делянках с безотвальной обработкой (SSD-4 и ПЧМ-4) урожайность уменьшалась на 10,9 %, с минимальной (БДМ 7×3) на 22,7 %. Некорневая подкормка минеральными удобрениями и удобрениями на основе гуминовых кислот в фазу ветвления – начала бутонизации нута сорта Зоовит увеличивала урожайность на 11,9–14,7 %.

**Ключевые слова:** водопроницаемость; влажность; плотность почвы; нут; удобрения минеральные и на основе гуминовых кислот.

**Для цитирования:** Солодовников А. П., Уполовников Д. А., Гусакова Н. Н., Корсак В. В., Сураев Д. В., Лёвкина А. Ю. Водопроницаемость темно-каштановой почвы и агрохимические факторы, определяющие урожайность нута // Аграрный научный журнал. 2023. № 11. С. 130–135. <http://10.28983/asj.y2023i11pp130-135>.

AGRONOMY

Original article

**Water permeability of dark chestnut soil and agrochemical factors determining chickpea yield**

**Anatoly P. Solodovnikov<sup>1</sup>, Dmitry A. Upolovnikov<sup>1</sup>, Natalia N. Gusakova<sup>1</sup>, Viktor V. Korsak<sup>1</sup>, Dmitry V. Suraev<sup>1</sup>, Albina Yu. Levkina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

<sup>2</sup>Russian Research Institute for Sorghum and Maize “Rossorgo”, Saratov, Russia

e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

**Abstract.** A six-year analysis of changes in soil water permeability according to the basic tillage options is provided. Plowing with a PBS -10 P plow reduced water permeability by 3.1 %. An increase in soil density by 6.3 % for no-tillage and by 9.8 % for minimum tillage reduced water permeability by 13.3 and 41.9 %, respectively. Calculation of the multiple regression equation and full correlation analysis showed that the maximum influence on water permeability is exerted by the depth of the main cultivation – 44.92 %, soil density determined this indicator by 38.17 %, humidity by only 0.91 %, the share of unaccounted factors was 16 %. The yield of chickpea grain varied from 0.39–0.65 t/ha in 2020 ( $GTC_{\text{May-August}} = 0.20$ ) to 1.54–2.12 t/ha in 2023 ( $GTC_{\text{May-August}} = 0.64$ ). Over six years of observation, according to factor A (basic tillage for chickpeas), the maximum yield of chickpea grain without the use of agrochemicals was noted on plowing: 1.19 t/ha (PLN-8-35) and 1.20 t/ha (PBS-10 P). During non-moldboard processing (SSD-4 and PChM-4), the yield decreased by 10.9 %, with a minimum



(PM 7×3) by 22.7 %. Foliar feeding with mineral fertilizers and fertilizers based on humic acids during the phase of branching and the beginning of budding of chickpeas of the Zoovit variety increased the yield by 11.9–14.7 %.

**Keywords:** water permeability; humidity; soil density; chickpeas; mineral fertilizers and based on humic acids.

**For citation:** Solodovnikov A. P., Upolovnikov D. A., Gusakova N. N., Korsak V. V., Suraev D. V., Levkina A. Yu. Water permeability of dark chestnut soil and agrochemical factors determining chickpea yield // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(11):130–135. (In Russ.). [http: 10.28983/asj.y2023i11pp130-135](http://10.28983/asj.y2023i11pp130-135).

**Введение.** Семена нута для набухания и прорастания потребляют 140–160 % влаги от их массы, и корневая система может поглощать воду из глубоких слоев почвы, поэтому нужны технологии которые способствуют накоплению влаги в почве и в процессе вегетации рационально расходуют влагозапасы [4, 5, 8, 10].

Накопление влаги в почве определяется ее водопроницаемостью и количеством выпавших осадков. Экономный расход влаги в засушливых условиях – фактор, определяющий получение стабильных урожаев нута, который зависит от коэффициента водопотребления. Уменьшение коэффициента водопотребления и, как следствие, увеличение урожайности нута определяет агротехника возделывания, применение агрохимикатов, что способствует увеличению ассимиляционной поверхности листьев и образованию более развитой и глубоко проникающей корневой системы [1, 2, 3, 7, 9, 11].

Поэтому определение факторов, влияющих на водопроницаемость темно-каштановой почвы и установление влияния удобрений минеральных и на основе гуминовых кислот на урожайность нута, является перспективным направлением научных исследований.

**Методика исследований.** Опыты по определению факторов, влияющих на водопроницаемость и урожайность нута, проводили в стационарном севообороте опытного поля УНПО «Поволжье» с 2018 по 2023 г. Нитрификационная способность темно-каштановой почвы средняя (12,9 мг/кг), содержание доступного фосфора (29,7 мг/кг) и калия (294 мг/кг) среднее, микроэлементов – низкое, гумуса – 2,9 %.

Опыт включал в себя два фактора: фактор А – основная обработка почвы под нут: А<sub>0</sub> – вспашка плугом ПЛН-8-35 (контроль 1); А<sub>1</sub> – безотвальное рыхление SSD-4 (2018–2020 гг.), ПЧМ-4 (2021–2023 гг.); А<sub>2</sub> – дискование БДМ 7×3; А<sub>3</sub> – вспашка плугом ПБС-10 П.

Фактор В – удобрения минеральные с микроэлементами и на основе гуминовых кислот: В<sub>0</sub> – без удобрений (250 л/га – Н<sub>2</sub>О) (контроль 2); В<sub>1</sub> – Мегамикс № 10 (0,5 л/га + 250 л/га – Н<sub>2</sub>О); В<sub>2</sub> – Микровит (0,5 л/га + 250 л/га – Н<sub>2</sub>О); В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> – минеральные удобрения. В<sub>3</sub> – АгроВерм (3 л/га + 250 л/га – Н<sub>2</sub>О); В<sub>4</sub> – GSN – 2004 (2,5 л/га + 250 л/га – Н<sub>2</sub>О); В<sub>3</sub> и В<sub>4</sub> – удобрения на основе гуминовых кислот. Подкормку агрохимикатами проводили в фазу ветвления – начала бутонизации нута.

Площадь делянок по основной обработке – 1500 м<sup>2</sup>, учетная – 1000 м<sup>2</sup>, по удобрениям – 30 м<sup>2</sup>, учетная – 20 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Предшественник – озимая пшеница по чистому пару. Сорт нута – Зоовит. Перед посевом нута вносили комплексное удобрение азофоску (N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub>).

Полевой опыт сопровождался наблюдениям и исследованиями в соответствии с общепринятыми методическими указаниями [6, 12].

**Результаты исследований.** Опыты с водопроницаемостью на темно-каштановой почве выполняли в течение шести лет (2018–2023 гг.). Максимальные значения данного показателя за 1 ч наблюдений были получены на вспашке плугами ПЛН-8-35 – 138,7 мм/ч и ПБС-10П – 134,4 мм/ч. На глубокой безотвальной обработке водопроницаемость снижалась до 120,3 мм/ч, что меньше вспашки (контроль) на 18,4 мм/ч, или на 13,3 %. На варианте с минимальной обработкой (10–12 см) водопроницаемость первого часа уменьшалась до 80,6 мм/ч, или на 41,9 % (табл. 1).

Анализ факторов, влияющих на водопроницаемость, показал, что более высокая влажность почвы (0–100 см) складывалась на глубокой безотвальной обработке, составив в среднем за шесть лет 16,0 %. Минимальные значения влажности почвы формировались на варианте



## Водопроницаемость и факторы, влияющие на водопроницаемость почвы за 1 ч наблюдений

Основная обработка почвы	Водопроницаемость почвы $U_{\text{водопрон}}$ , мм/ч	Влажность почвы слоя 0–100 см $X_1$ , %	Плотность почвы слоя 0–30 см $X_2$ , г/см <sup>3</sup>	Глубина основной обработки почвы $X_3$ , см
2018 год				
A <sub>0</sub>	133,1	16,7	1,13	23–25
A <sub>1</sub>	127,1	17,0	1,22	30–32
A <sub>2</sub>	81,7	16,1	1,29	10–12
A <sub>3</sub>	130,1	16,6	1,12	23–25
2019 год				
A <sub>0</sub>	130,3	17,8	1,10	23–25
A <sub>1</sub>	120,7	17,5	1,22	30–32
A <sub>2</sub>	76,6	17,0	1,26	10–12
A <sub>3</sub>	127,9	17,7	1,10	23–25
2020 год				
A <sub>0</sub>	156,7	13,7	1,16	23–25
A <sub>1</sub>	133,4	14,0	1,18	30–32
A <sub>2</sub>	101,1	13,6	1,24	10–12
A <sub>3</sub>	145,0	13,9	1,14	23–25
2021 год				
A <sub>0</sub>	133,3	16,1	1,14	23–25
A <sub>1</sub>	112,5	16,3	1,17	30–32
A <sub>2</sub>	74,2	15,6	1,20	10–12
A <sub>3</sub>	130,2	16,1	1,14	23–25
2022 год				
A <sub>0</sub>	126,7	16,4	1,08	23–25
A <sub>1</sub>	118,3	16,6	1,14	30–32
A <sub>2</sub>	80,0	16,2	1,20	10–12
A <sub>3</sub>	125,0	16,5	1,13	23–25
2023 год				
A <sub>0</sub>	152,1	14,8	1,09	23–25
A <sub>1</sub>	110,0	14,7	1,18	30–32
A <sub>2</sub>	70,1	14,4	1,21	10–12
A <sub>3</sub>	148,3	14,7	1,11	23–25
В среднем за 2018–2023 гг.				
A <sub>0</sub>	138,7	15,9	1,12	23–25
A <sub>1</sub>	120,3	16,0	1,19	30–32
A <sub>2</sub>	80,6	15,5	1,23	10–12
A <sub>3</sub>	134,4	15,9	1,12	23–25



с дискованием – 15,5 %. Хорошая водопроницаемость почвы (101,1–156,7 мм/ч) была зафиксирована в засушливый 2020 г. при влажности почвы 13,6–14,0 %.

Отбор образцов на плотность почвы показал, что самая высокая плотность формировалась на варианте, обработанном дискатором БДМ 7×3 (10–12 см) – 1,23 г/см<sup>3</sup>, что превышало вспашку на 9,8 %, а безотвальную обработку на 3,4 %.

Для получения уравнения множественной регрессии была проведена математическая обработка зависимости водопроницаемости ( $Y_{\text{водопрон.}}$ ) от изучаемых факторов, представленных в табл. 1. В результате этой статистической обработки получена достоверная зависимость ( $F_{\phi} = 35,02$ ) с коэффициентом детерминации – 0,84, следовательно, доля неучтенных факторов составила 16 %. Уравнение множественной регрессии имело вид

$$Y_{\text{водопрон.}} = 521,649 - 3,757X_1 - 321,049X_2 + 1,344X_3.$$

Данные, полученные в результате расчета полного корреляционного анализа, показали, что водопроницаемость почвы имела слабую степень связи ( $r = -0,11$ ) с влажностью метрового горизонта. Доля влияния данного фактора на водопроницаемость составила всего 0,91 %. Водопроницаемость имела тесную связь с плотность пахотного слоя ( $r = -0,71$ ) и глубиной обработки почвы ( $r = 0,77$ ). Данные факторы определяли водопроницаемость соответственно на 38,17 и на 44,92 %.

Анализ урожайности зерна нута по годам исследований показал, что она изменялась от 0,39–0,65 т/га в 2020 г. (ГТК<sub>май-август</sub> = 0,20) до 1,54–2,12 т/га в 2023 г. (ГТК<sub>май-август</sub> = 0,64). Хорошая урожайность зерна нута получена в 2021 г. (ГТК<sub>май-август</sub> = 0,39) 1,31–1,96 т/га и 2022 г. (ГТК<sub>май-август</sub> = 0,57) 1,23–1,85 т/га (табл. 2).

За шесть лет наблюдений по фактору А (основная обработка почвы под нут) максимальную урожайность зерна без применения агрохимикатов отмечали на вспашке – 1,19 т/га (ПЛН-8-35) и 1,20 т/га (ПБС-10П).

Таблица 2

Урожайность зерна нута по вариантам основной обработки почвы и агрохимикатам, т/га

Фактор		Урожайность зерна нута и ГТК <sub>май-август</sub> по годам						
А	В	2018 (0,28)	2019 (0,23)	2020 (0,20)	2021 (0,39)	2022 (0,57)	2023 (0,64)	средняя
A <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	0,67	0,71	0,55	1,73	1,57	1,90	1,19
	B <sub>1</sub>	0,70	0,80	0,60	1,90	1,80	2,09	1,32
	B <sub>2</sub>	0,72	0,82	0,63	1,95	1,77	2,11	1,33
	B <sub>3</sub>	0,71	0,75	0,65	1,87	1,81	2,10	1,32
	B <sub>4</sub>	0,70	0,72	0,65	1,95	1,75	2,12	1,32
A <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	0,77	0,47	0,50	1,44	1,42	1,76	1,06
	B <sub>1</sub>	0,80	0,52	0,58	1,74	1,62	2,13	1,23
	B <sub>2</sub>	0,79	0,53	0,60	1,78	1,60	2,09	1,23
	B <sub>3</sub>	0,81	0,49	0,61	1,59	1,55	2,09	1,19
	B <sub>4</sub>	0,78	0,50	0,62	1,68	1,60	2,10	1,21
A <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	0,60	0,46	0,39	1,31	1,23	1,54	0,92
	B <sub>1</sub>	0,63	0,53	0,46	1,53	1,35	1,99	1,08
	B <sub>2</sub>	0,63	0,55	0,52	1,54	1,42	1,89	1,09
	B <sub>3</sub>	0,62	0,48	0,51	1,42	1,46	1,90	1,07
	B <sub>4</sub>	0,61	0,47	0,52	1,45	1,41	1,95	1,07



Фактор		Урожайность зерна нута и ГТК <sub>май-август</sub> по годам						
А	В	2018 (0,28)	2019 (0,23)	2020 (0,20)	2021 (0,39)	2022 (0,57)	2023 (0,64)	средняя
A <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	0,70	0,74	0,54	1,71	1,63	1,85	1,20
	B <sub>1</sub>	0,73	0,81	0,60	1,92	1,76	2,03	1,31
	B <sub>2</sub>	0,73	0,81	0,60	1,96	1,82	2,04	1,33
	B <sub>3</sub>	0,73	0,77	0,63	1,82	1,78	2,07	1,30
	B <sub>4</sub>	0,72	0,76	0,63	1,91	1,85	2,06	1,32
НСР <sub>05</sub> А		0,018	0,034	0,032	0,031	0,042	0,081	0,040
НСР <sub>05</sub> В		0,022	0,038	0,036	0,042	0,055	0,095	0,048
НСР <sub>05</sub> АВ		F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>

На делянках с безотвальной обработкой (SSD-4 и ПЧМ-4) урожайность уменьшалась до 1,06 т/га, что меньше контрольных значений на 10,9 %. Отмечали значительное снижение урожайности нута при уменьшении глубины основной обработки до 10–12 см (БДМ 7×3) до 0,92 т/га, или на 22,7 % (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность зерна нута в среднем по факторам, т/га

Фактор В	Фактор А				Среднее
	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	
B <sub>0</sub>	1,19	1,06	0,92	1,20	1,09
B <sub>1</sub>	1,32	1,23	1,08	1,31	1,24
B <sub>2</sub>	1,33	1,23	1,09	1,33	1,25
B <sub>3</sub>	1,32	1,19	1,07	1,30	1,22
B <sub>4</sub>	1,32	1,21	1,07	1,32	1,23
Среднее	1,30	1,18	1,05	1,29	-
НСР <sub>05</sub> для частных средних – 0,073					

В среднем по фактору В некорневая подкормка в фазу ветвления – начала бутонизации нута АгроВермом повышала урожайность до 1,22 т/га, где прибавка составила 11,9 %, Мегамиксом №10 – 1,24 т/га, 13,8 %. Максимальную эффективность по увеличению урожайности отмечали на варианте В<sub>2</sub> – Микровит (0,5 л/га) – 1,25 т/га, где прибавка была равна 14,7 %.

**Заключение.** Максимальные значения водопроницаемости были получены на вспашке плугами ПЛН-8-35 – 138,7 мм/ч и ПБС-10П – 134,4 мм/ч. На глубокой безотвальной обработке водопроницаемость снижалась на 13,3 %, на минимальной обработке – на 41,9 %.

Максимальное влияние на водопроницаемость оказывала глубина основной обработки – 44,92 %, плотность почвы определяла данный показатель на 38,17 %, влажность только на 0,91 %, доля неучтенных факторов составила 16 %.

Наибольшая урожайность зерна нута без применения агрохимикатов была получена на вспашке 1,19 т/га (ПЛН-8-35) и 1,20 т/га (ПБС-10 П). На делянках с безотвальной обработкой (SSD-4 и ПЧМ-4) урожайность уменьшалась на 10,9 %, с минимальной (БДМ 7×3) – на 22,7 %.

Некорневая подкормка удобрениями минеральные и на основе гуминовых кислот в фазу ветвления – начала бутонизации нута сорта Зоовит увеличивала урожайность на 11,9–14,7 %.



1. Бородычѳв В.В., Пимонов К.И., Михайличенко Е.Н. Агрoхимическая оценка применения минеральных удобрений и биопрепаратов при возделывании нута в Ростовской области // Плодородие. 2018. № 1. С. 34–37.
2. Влияние микроудобрений на коэффициент водопотребления и урожайность нута в Саратовском Заволжье / А.П. Солодовников [и др.] // Аграрный научный журнал. 2021. № 5. С. 46–49.
3. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на урожайность нута на черноземе южном / Е.Н. Михайличенко [и др.] // Аграрный научный журнал. 2018. № 4. С. 16–21.
4. Влияние способов основной обработки почвы на оптимизацию водного режима и урожайность нута / А.Ю. Лѳвкина [и др.] // Кормопроизводство. 2018. № 12. С. 14–17.
5. Долевое влияние водно-физических свойств почвы и погодных условий на урожайность нута в Саратовском Заволжье / А.П. Солодовников [и др.] // Аграрный научный журнал. 2021. № 1. С. 43–47.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агрoпромиздат, 1985. 351 с.
7. Киселева Т.С., Рзаева В.В. Запасы доступной влаги при возделывании нута в северной лесостепи Тюменской области // Аграрный вестник Урала. 2019. № 9(188). С. 2–7.
8. Растениеводство Центрального Черноземья России / В.А. Федотов [и др.]. Воронеж, 2019. 581 с.
9. Рзаева В.В., Лахтина Т.С. Возделывание нута в Северной лесостепи Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5(73). С. 87–90.
10. Солодовников А.П., Пимонов К.И., Гудова Л.А. Влияние основной обработки на водно-физические свойства темно-каштановой почвы и урожайность нута // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 1(37). С.140–153.
11. Солодовников А.П., Денисов Е.П., Гудова Л.А. Водопотребление посевов чечевицы при энергосберегающих обработках почвы и применении «Гумата калия» в условиях Поволжья // Кормопроизводство. 2017. № 5. С. 16–19.
12. Шеин Е.П., Гончаров В.М. Агрoфизика. Ростов н/Д.: Феникс, 2006. 397 с.

## REFERENCES

1. Borodychev V.V., Pimonov K.I., Mikhailichenko E.N. Agrochemical assessment of the use of mineral fertilizers and biological products in the cultivation of chickpeas in the Rostov region. *Soil Fertility*. 2018;1:34–37. (In Russ.).
2. The influence of microfertilizers on the coefficient of water consumption and the yield of chickpeas in the Saratov Trans-Volga region / A.P. Solodovnikov et al. *The agrarian scientific journal*. 2021;5:46–49. (In Russ.).
3. The influence of mineral fertilizers and biological products on the yield of chickpeas on southern chernozem / E.N. Mikhailichenko et al. *The agrarian scientific journal*. 2018;4:16–21. (In Russ.).
4. The influence of basic tillage methods on the optimization of water regime and chickpea yield / A.Yu. Levkina et al. *Feed production*. 2018;12:14–17. (In Russ.).
5. Share influence of water-physical properties of soil and weather conditions on the yield of chickpeas in the Saratov Trans-Volga region / A.P. Solodovnikov et al. *The agrarian scientific journal*. 2021;1:43–47. (In Russ.).
6. Dosphehov B.A. Field experiment methodology. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.).
7. Kiseleva T.S., Rzaeva V.V. Reserves of available moisture when cultivating chickpeas in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019;9(188):2–7. (In Russ.).
8. Plant growing in the Central Black Earth Region of Russia / V.A. Fedotov et al. Voronezh, 2019. 581 p. (In Russ.).
9. Rzaeva V.V., Lakhtina T.S. Cultivation of chickpeas in the Northern forest-steppe of the Tyumen region. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2018;5(73):87–90. (In Russ.).
10. Solodovnikov A.P., Pimonov K.I., Gudova L.A. The influence of the main treatment on the water-physical properties of dark chestnut soil and the yield of chickpeas. *Scientific journal of the Russian Research Institute for Land Reclamation Problems*. 2020;1(37):140–153. (In Russ.).
11. Solodovnikov A.P., Denisov E.P., Gudova L.A. Water consumption of lentil crops with energy-saving tillage and the use of “Potassium Humate” in the Volga region. *Fodder production*. 2017;5:16–19. (In Russ.).
12. Shein, E.P., Goncharov V.M. Agrophysics. Rostov on Don: Phoenix, 2006. 397 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 27.07.2023; одобрена после рецензирования 21.08.2023; принята к публикации 30.08.2023.  
The article was submitted 27.07.2023; approved after reviewing 21.08.2023; accepted for publication 30.08.2023.

