

## ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 631.586:631.559

doi: 10.31774/2712-9357-2026-16-2-205-226

### Влияние богарных условий возделывания и удобрений на урожайность и водопотребление сельскохозяйственных культур

Николай Николаевич Вошедский<sup>1</sup>, Владимир Анатольевич Кулыгин<sup>2</sup>,  
Сергей Валентинович Пасько<sup>3</sup>, Оксана Анатольевна Целуйко<sup>4</sup>,  
Марина Ивановна Рычкова<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет,  
Российская Федерация

<sup>1</sup>nik.voshedskiy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0800-1572>

<sup>2</sup>kulygin-vladimir@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6351-8569>

<sup>3</sup>pasko\_s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2504-3448>

<sup>4</sup>o.tseluyko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9161-0346>

<sup>5</sup>ruchkova-1980@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3236-6368>

**Аннотация.** Цель: выявление эффективного фона минерального питания и особенностей водопотребления для сельхозкультур звена (горох посевной, лен масличный, озимая пшеница, подсолнечник) севооборота в богарных условиях в Ростовской области. **Материалы и методы.** Работа выполнена в 2023–2024 гг. в Федеральном Ростовском аграрном научном центре. Исследовались фоны удобрений: гороха (без удобрений, N<sub>15</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>30</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>), льна масличного (без удобрений, N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>), озимой пшеницы (без удобрений, N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>), подсолнечника (без удобрений, N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>). Удобрения вносились дробно: под основную обработку, в подкормку. Способ основной обработки почвы – вспашка. Почвы – обыкновенные черноземы. **Результаты.** Лучшая урожайность культур получена во влажном 2023 г. на вариантах с высоким фоном удобрений, составив у озимой пшеницы – 6,97 т/га, у подсолнечника – 4,01 т/га, у гороха посевного – 3,72 т/га, у льна масличного – 1,95 т/га. В 2023 г. урожайность озимой пшеницы была выше в 1,5 раза, подсолнечника – в 2,0 раза, гороха – в 2,6 раза, льна масличного – в 1,6 раза по сравнению с данными засушливого 2024 г. Высокая норма удобрений обеспечила наибольшие прибавки урожайности по годам на вариантах: гороха – 47,6 и 30,6 %, льна масличного – 27,5 и 18,8 %, озимой пшеницы – 49,6 и 27,5 %, подсолнечника – 41,2 и 33,6 %, по сравнению с контролем. Лучшая отдача от удобрений (в действующем веществе) получена на умеренном фоне при выращивании гороха посевного (8,42 и 2,32 кг/кг), льна масличного (2,89 и 1,44 кг/кг) и подсолнечника (6,50 и 1,67 кг/кг), на высоком фоне – озимой пшеницы (8,25 и 3,54 кг/кг). Низкий коэффициент водопотребления во влажном 2023 г. получен для озимой пшеницы – 46,0 мм/т, подсолнечника – 74,9 мм/т и гороха посевного – 82,3 мм/т, в засушливом 2024 г. – для льна масличного – 134,2 мм/т. **Вывод.** Наибольшая урожайность сельскохозяйственных культур во влажный и засушливый годы обеспечивалась высоким фоном удобрений.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные культуры, удобрения, урожайность, прибавка, водопотребление

**Источник финансирования:** субсидии на выполнение государственного задания за счет средств федерального бюджета.



*Сведения о научно-исследовательской работе, по результатам которой публикуется статья:* работа выполнена на основании исследований по государственному заданию ФГБНУ ФРАНЦ FNFZ-2022-0003 «Разработать усовершенствованные эколого-адаптивные технологии возделывания новых сортов сельскохозяйственных культур в севооборотах различных конструкций Приазовской зоны Ростовской области».

*Для цитирования:* Влияние богарных условий возделывания и удобрений на урожайность и водопотребление сельскохозяйственных культур / Н. Н. Вошедский, В. А. Кулыгин, С. В. Пасько, О. А. Целуйко, М. И. Рычкова // Мелиорация и гидротехника. 2026. Т. 16, № 2. С. 205–226. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-2-205-226>.

## GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

### The influence of rainfed cultivation conditions and fertilizers on the yield and water consumption of agricultural crops

Nikolay N. Voshedsky<sup>1</sup>, Vladimir A. Kulygin<sup>2</sup>, Sergey V. Pasko<sup>3</sup>,  
Oksana A. Tseluiko<sup>4</sup>, Marina I. Rychkova<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation

<sup>1</sup>nik.voshedskiy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0800-1572>

<sup>2</sup>kulygin-vladimir@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6351-8569>

<sup>3</sup>pasko\_s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2504-3448>

<sup>4</sup>o.tseluyko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9161-0346>

<sup>5</sup>ruchkova-1980@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3236-6368>

**Abstract. Purpose:** to identify the effective background of mineral nutrition and water consumption features for agricultural crops (field pea, oilseed flax, winter wheat, sunflower) of a seven-field crop rotation under rainfed conditions in Rostov region. **Materials and methods.** The research was carried out in 2023–2024 at the Federal Rostov Agricultural Research Centre. The following fertilizer backgrounds were studied: pea (without fertilizers, N<sub>15</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>30</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>), oilseed flax (without fertilizers, N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>), winter wheat (without fertilizers, N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>), sunflower (without fertilizers, N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>). Fertilizers were applied in divided doses: during primary tillage and as top dressing. Primary cultivation was plowing. The soils were ordinary chernozem. **Results.** The best crop yields were obtained in the wet 2023 year using the high-fertilizer treatments, amounting to 6.97 t/ha for winter wheat, 4.01 t/ha for sunflower, 3.72 t/ha for field peas, and 1.95 t/ha for oilseed flax. In 2023, the yield of winter wheat was 1.5 times higher, sunflower – 2.0 times, peas – 2.6 times, oilseed flax – 1.6 times compared to the data of the dry 2024. A high fertilizer rate provided the largest increases in yield by year in the following variants: peas – 47.6 and 30.6 %, oilseed flax – 27.5 and 18.8 %, winter wheat – 49.6 and 27.5 %, sunflower – 41.2 and 33.6 %, compared to the control. The best return on fertilizers (in active substance) was obtained under a moderate background when growing field peas (8.42 and 2.32 kg/kg), oilseed flax (2.89 and 1.44 kg/kg), and sunflower (6.50 and 1.67 kg/kg), and under a high background – winter wheat (8.25 and 3.54 kg/kg). A low water consumption coefficient in the wet 2023 was obtained for winter wheat – 46.0 mm/t, sunflower – 74.9 mm/t, and field peas – 82.3 mm/t, and in the dry 2024 – for oilseed flax – 134.2 mm/t. **Conclusion.** The highest crop yields in wet and dry years were ensured by a high fertilizer background.

**Keywords:** agricultural crops, fertilizers, yield, increase, water consumption

**Funding source:** subsidies for the implementation of a state contract from the federal budget.

**Information about the research work, on results of which the article is published:**

this work was conducted on the basis of research under the state contract FNFZ-2022-0003 of the Federal Rostov Agricultural Research Centre “To develop the improved ecologically adaptive technologies for cultivating new varieties of agricultural crops in crop rotations of various designs in the Azov zone Rostov region”.

**For citation:** Voshedsky N. N., Kulygin V. A., Pasko S. V., Tseluiko O. A., Rychkova M. I. The influence of rainfed cultivation conditions and fertilizers on the yield and water consumption of agricultural crops. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2026;16(2):205–226. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-2-205-226>.

**Введение.** Условия ведения богарного земледелия на юге России отличаются определенной противоречивостью реальной действительности – благоприятные факторы сочетаются с неизбежными рисками. Значительные тепловые ресурсы региона обеспечивают длительность сезона полевых работ, способствуют интенсификации производства, дают возможность получать до двух урожаев в год при условии возделывания сельскохозяйственных культур с короткими периодами вегетации, а относительно высокое плодородие почв является основой для высокой продуктивности земледелия. Однако в богарном земледелии существует постоянный риск недобора урожая или низкой урожайности, прежде всего в засушливые годы, что негативно влияет на раскрытие потенциала агроценоза. Кроме того, в последние десятилетия отмечаются нарастание аридности климата, существенное повышение суммы активных температур воздуха, дефицита выпадения атмосферных осадков, которые значительно расходятся со среднестатистическими данными [1, 2]. Эти негативные тенденции часто определяют стрессовые условия во время вегетации культур, что отрицательно отражается на их урожайности и эффективности производства в целом [3]. В данных условиях особенность технологий возделывания культур в богарном земледелии на юге России – рациональный выбор структуры посевных площадей, соблюдение научно обоснованных севооборотов [4–6].

Следует отметить объективные факторы, оказывающие определенное влияние на совершенствование современных севооборотов сельскохозяйственных культур в Ростовской области [7]. При проведении рыночных реформ произошло значительное сокращение площадей орошаемых земель,

что пропорционально увеличило гектарный эквивалент богарного земледелия [8]. Резкое уменьшение масштабов животноводческой отрасли, изменение ее структуры повлекли за собой падение спроса на производство кормов и, как следствие, сокращение площадей выращивания кормовых культур, необходимость замены их соответствующей альтернативой [1, 8].

Основой современного севооборота остается правильное чередование зерновых, пропашных, технических и кормовых культур, востребованных современным рынком, а резервом повышения его продуктивности – использование современных интенсивных сортов, гибридов, разработка для них и широкое внедрение в производство современных технологий возделывания, привязанных к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Необходимо отметить, что фактическая урожайность районированных в регионе большинства сортов сельскохозяйственных культур значительно ниже их реального потенциала<sup>1</sup>.

Одним из ключевых элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур, способствующих существенному повышению урожайности, является научно обоснованный баланс минерального питания растений [9–11]. При этом анализ специальной литературы показывает, что ряд вопросов, связанных с применением удобрений под разные культуры: нормы, дозы, сроки, способ внесения, остается дискуссионным [12–14].

Кроме того, недостаточно изученными в настоящее время остаются особенности водопотребления сельскохозяйственных культур в конкретных почвенно-климатических условиях, особенно на фоне усиливающейся засушливости климата [15–17].

Объектом исследований было звено сельскохозяйственных культур, включающее горох, лен масличный, озимую пшеницу и подсолнечник, семипольного севооборота: 1) занятый пар (эспарцет); 2) озимая пшеница;

---

<sup>1</sup>Сорта полевых культур: каталог / А. И. Клименко, А. В. Гринько, М. А. Фоменко, А. В. Крохмаль, В. П. Кадушкина, Н. А. Коробова; ФГБНУ ФРАНЦ. Ростов н/Д.: Юг, 2024. 204 с. DOI: 10.34924/FRARC.2024.46.88.001. EDN: HGGTEJ.

3) горох посевной; 4) лен масличный; 5) озимая пшеница; 6) подсолнечник;  
7) яровой ячмень с эспарцетом подпокровным.

Цель исследований – выявление эффективного фона минерального питания и особенностей водопотребления для сельхозкультур звена севооборота (горох посевной, лен масличный, озимая пшеница, подсолнечник) в богарных условиях в Ростовской области.

**Материалы и методы.** Опыты проводились в Аксайском районе Ростовской области в 2023–2024 гг. Климат зоны проведения исследований засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Для сельскохозяйственных лет за периоды исследований с сентября 2022 г. по август 2023 г. и с сентября 2023 г. по август 2024 г. сумма активных температур воздуха была равна соответственно 3678,6 и 4298,9 °С, сумма осадков 549,0 и 406 мм, из которых на теплый период приходилось 327,0 и 101,6 мм. Относительно небольшое количество осадков в сочетании с высокими температурами в период интенсивного роста растений определяет сухость воздуха и почвы, частую повторяемость засух [18].

Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным карбонатным среднemosщным легкосуглинистым на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое (0–30 см) составляло 4,0–4,2 % (по И. В. Тюрину), общего азота – 0,22–0,25 % (метод ЦИНАО), подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) и калия ( $K_2O$ ) – соответственно 39 и 545 мг/кг (по А. Т. Кирсанову). Реакция почвенного раствора (рН) – 7,1–7,3 ед. Плотность почвы в ненарушенном состоянии для слоя 0–30 см составляет 1,26 т/м<sup>3</sup> [18].

Полевые опыты проводились на основании базовых положений общепринятых методик<sup>2, 3</sup>.

---

<sup>2</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 352 с. EDN: QLCQEP.

<sup>3</sup>Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с. EDN: DYLNHL.

Объектом исследований было звено семипольного севооборота, включающее разные группы культур: зернобобовая – горох посевной, зерновая – озимая пшеница, техническая – подсолнечник и лен масличный. Предшественниками изучаемых культур являлись: для гороха посевного – озимая пшеница, льна масличного – горох посевной, озимой пшеницы – лен масличный, подсолнечника – озимая пшеница. При этом в опытах использовались новые сорта озимой пшеницы Богема и гороха посевного Донец, выведенные селекционерами ФГБНУ ФРАНЦ. На вариантах с посевами подсолнечника применялся перспективный гибрид 8Н270КЛДМ, при выращивании льна масличного – сорт Небесный.

Исследовалось влияние разных фонов минерального питания на урожайность и водопотребление изучаемых сортов сельхозкультур в почвенно-климатических условиях Приазовской зоны Ростовской области.

Опыт проводился в трехкратной повторности. Основной обработкой почвы являлась вспашка на 25–27 см плугом ПЛН-3-35 в агрегате с трактором МТЗ-1025,3 [18]. Норма высева семян: гороха посевного – 1,4 млн шт./га, льна масличного – 7,5 млн шт./га, озимой пшеницы – 5,0 млн шт./га, подсолнечника – 0,065 млн шт./га. Устанавливалось влияние на урожайность и водопотребление следующих норм внесения удобрений:

- гороха посевного: 1) без удобрений, 2)  $N_{15}P_{40}K_{40}$ , 3)  $N_{30}P_{80}K_{80}$ ;
- льна масличного: 1) без удобрений, 2)  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , 3)  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ;
- озимой пшеницы: 1) без удобрений, 2)  $N_{80}P_{60}K_{60}$ , 3)  $N_{120}P_{80}K_{80}$ ;
- подсолнечника: 1) без удобрений, 2)  $N_{40}P_{40}K_{40}$ , 3)  $N_{80}P_{80}K_{80}$ .

Удобрения вносили дробно. Фосфорно-калийные удобрения вносили под основную обработку дозами  $P_{30}K_{30}$ ,  $P_{40}K_{40}$ ,  $P_{60}K_{60}$  и  $P_{80}K_{80}$ , азотные подкормки дозами  $N_{15}$ ,  $N_{30}$ ,  $N_{40}$  и  $N_{80}$  проводили по вегетации изучаемых культур.

Посев культур проводился в сроки наступления физической спелости почвы: гороха – 25.03.2023 и 26.03.2024, льна масличного – 24.03.2023 и

02.04.2024, озимой пшеницы – 19.09.2022 и 23.09.2023, подсолнечника – 15.05.2023 и 12.05.2024.

Оценка тепло-, влагообеспеченности вегетационных периодов давалась на основе рассчитанных гидротермических коэффициентов (ГТК) – отношения суммы осадков ( $X$ ) к сумме температур воздуха ( $T$ ).

Агротехника при проведении опыта – согласно зональным системам земледелия Ростовской области [1].

**Результаты и обсуждение.** Вегетационные периоды разных изучаемых сельскохозяйственных культур в годы исследований имели определенные отличия как по продолжительности, так и по обеспеченности теплом и влагой, что отражают данные, полученные на вариантах культур звена севооборота с высоким фоном удобрений (гороха –  $N_{30}P_{80}K_{80}$ , льна масличного –  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , озимой пшеницы –  $N_{120}P_{80}K_{80}$ , подсолнечника –  $N_{80}P_{80}K_{80}$ ).

Условия тепло-, влагообеспеченности вегетационных периодов сельскохозяйственных культур звена севооборота в разные годы исследований имели значительные отличия (таблица 1) [17–19].

**Таблица 1 – Теплообеспеченность и влагообеспеченность вегетационных периодов сельскохозяйственных культур, 2023–2024 гг.**

**Table 1 – Heat and moisture supply during the growing seasons of agricultural crops, 2023–2024**

Культура	Год	Продолжительность, сут	$X$ , мм/га	$\Sigma T$ , °C	ГТК
Горох посевной	2023	102	224,2	1557,7	1,44
	2024	90	30,1	1454,4	0,21
Лен масличный	2023	112	248,6	1657,3	1,50
	2024	103	30,0	1875,4	0,16
Озимая пшеница	2023	159	295,6	2182,4	1,35
	2024	148	143,1	2360,7	0,61
Подсолнечник	2023	113	212,4	2487,9	0,85
	2024	104	46,6	2451,4	0,19

В 2023 г. на посевах подсолнечника за период вегетации растений количество выпавших осадков составило 212,4 мм, а в 2024 г. – не превы-

сило 46,6 мм (в 4,6 раза больше во влажный год). Аналогичные показатели в указанные годы по осадкам были равны соответственно у гороха 224,2 и 30,1 мм (различаются в 7,4 раза), льна масличного 248,6 и 30,0 мм (различаются в 8,3 раза), озимой пшеницы (период 2022–2023 гг.) – 295,6 и 143,1 мм (различаются в 2,1 раза). При этом суммы температур воздуха за вегетационные периоды озимой пшеницы и льна масличного были несколько выше в засушливом 2024 г., у подсолнечника и гороха – в 2023 г. Это обусловило значительные отличия показателей тепло-, влагообеспеченности в годы наблюдений. Показатели ГТК вегетационных периодов культур в 2023 и 2024 гг. составили: гороха – соответственно 1,44 и 0,21, льна масличного – 1,50 и 0,16, озимой пшеницы – 1,35 и 0,61, подсолнечника – 0,85 и 0,19. Таким образом, в 2023 г. по тепло-, влагообеспеченности в вегетационные периоды гороха, льна масличного и озимой пшеницы имело место оптимальное увлажнение почвы, что отражают данные ГТК, превышающие 1,0, при возделывании подсолнечника увлажнение почвы было близким к оптимальному. В 2024 г. эти периоды для гороха, льна масличного и подсолнечника оценивались как острозасушливые, для озимой пшеницы – как засушливый.

Разные условия обеспеченности растений теплом и влагой отразились на продолжительности вегетационных периодов изучаемых культур в годы наблюдений, которые были длиннее во влажном 2023 г., а соответствующая разница составила: у гороха – 12 сут, льна масличного – 9 сут, озимой пшеницы – 11 сут, подсолнечника – 9 сут.

На вариантах с различными фонами минерального питания изучаемых культур отличия в продолжительности вегетационных периодов в рассматриваемые годы не превышали 2–3 сут и соответствующая разница в показателях тепло-, влагообеспеченности растений была минимальной.

Существенные отличия условий тепло-, влагообеспеченности изучаемых культур в разные годы наблюдений отмечены не только за весь пе-

риод роста и развития, но и в критические периоды водопотребления растений. В эти периоды роста сельскохозяйственных культур отмечается их наибольшая потребность во влаге, необходимой для формирования репродуктивных органов растений, что оказывает ключевое влияние на потенциальную урожайность. Для гороха посевного таким периодом является «цветение – образование бобов», для льна масличного – «елочка – бутонизация – цветение», для озимой пшеницы – «выход в трубку – конец цветения», для подсолнечника – «образование корзинки – цветение».

В условиях орошения оптимальные условия обеспечения возделываемых культур влагой создаются посредством применения научно обоснованных поливных режимов, в богарном земледелии эти условия крайне нестабильны и имеют значительные отличия в разные годы, что отражают данные вариантов с высоким фоном внесения удобрений (таблица 2) [18, 19].

**Таблица 2 – Теплообеспеченность и влагообеспеченность критических периодов водопотребления сельскохозяйственных культур**

**Table 2 – Heat and moisture supply during critical periods of water consumption of agricultural crops**

Культура	Критический период водопотребления	Год	Дни, сут	Запас продуктивной влаги в слое 0–1,0 м, мм	X, мм/га	$\Sigma T$ , °C	ГТК
Горох посевной	Цветение – образование бобов	2023	20	132	65,8	369,1	1,78
		2024	18	63	2,0	248,4	0,08
Лен масличный	Елочка – бутонизация – цветение	2023	38	137	103,0	577,5	1,78
		2024	34	68	2,8	525,3	0,05
Озимая пшеница	Выход в трубку – конец цветения	2023	33	148	84,4	490,0	1,72
		2024	27	83	2,2	399,7	0,06
Подсолнечник	Образование корзинки – цветение	2023	29	128	52,6	673,4	0,78
		2024	27	73	0,8	712,3	0,01

Как следует из приведенных данных, во влажном 2023 г. продолжительность указанных периодов была несколько выше, по сравнению с засушливыми условиями произрастания в 2024 г., а наибольшая разница была у озимой пшеницы и льна масличного – соответственно 6 и 4 сут. Показатели гидротермического коэффициента критических периодов водопо-

требления в рассматриваемые годы имели резкие отличия, что обусловлено крайне низким количеством выпавших в 2024 г. осадков.

У озимой пшеницы ГТК этого периода составил 1,72 и 0,06. При этом запасы продуктивной влаги метрового слоя в период выхода в трубку – конца цветения достигали 148 мм и оценивались как хорошие. Это создавало благоприятные условия для лучшей кустистости и формирования дополнительных продуктивных стеблей, в целом роста вегетативной массы. Однако дальнейшее высокое содержание продуктивной почвенной влаги под пшеницей привело на стадии созревания к частичному полеганию стеблестоя, стеканию зерна с образованием щуплости, особенно на вариантах с удобрениями, что не способствовало полному раскрытию потенциала сорта культуры. В 2024 г. аналогичные запасы влаги опускались до 83 мм, оцениваясь как плохие, что существенно тормозило формирование выполненных зерен в колосе.

Гидротермический коэффициент в критический период водопотребления подсолнечника в годы наблюдений был равен соответственно 0,78 и 0,01. В первый год запасы продуктивной влаги слоя 1,0 м достигали 128 мм с оценкой «удовлетворительные», во второй – опускались до отметки 73 мм, что приводило к потере влаги в пыльце и, как следствие, снижению опыления цветка, это вызывало увеличение пустозерности центральной части корзинки растений на вариантах опыта.

В 2023 г. ГТК в критические периоды водопотребления гороха и льна масличного оказались одинаковыми (1,78) при запасах влаги метрового слоя 132 и 137 мм, оценивались как хорошие. Однако в 2024 г. при крайне низких гидротермических коэффициентах этих периодов названных культур (0,05 и 0,08) запасы продуктивной влаги метрового слоя были плохими, не превышая соответственно 62 и 67 мм. На растениях гороха эти стрессовые условия отражались на количестве закладки бобов, неполном завязывании семян (череззерница), а на посевах льна масличного – в виде осыпания цвет-

ков, уменьшения ветвления и количества формирования коробочек, в сформировавшихся коробочках происходило снижение абсолютного веса семян.

На вариантах с умеренным фоном питания и без удобрений разница в продолжительности критических периодов вегетации изучаемых культур относительно потребности во влаге в годы наблюдений не превышала 1–2 сут и отличия в показателях тепло-, влагообеспеченности растений в эти периоды практически не наблюдались.

Разные условия тепло-, влагообеспеченности вегетационных периодов культур звена севооборота, а также фоны питания растений в годы наблюдений нашли свое отражение в показателях урожайности изучаемых культур на вариантах опыта (таблица 3) [19].

**Таблица 3 – Урожайность сельскохозяйственных культур  
 в зависимости от фонов питания, 2023–2024 гг.**

В т/га

**Table 3 – Crop yields depending on nutritional backgrounds, 2023–2024**

In t/ha

Культура	Фон удобрений	Урожайность	
		2023 г.	2024 г.
Горох посевной	Без удобрений	2,52	1,11
	N <sub>15</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	3,32	1,33
	N <sub>30</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	3,72	1,45
	НСР <sub>05</sub>	0,31	0,12
Лен масличный	Без удобрений	1,53	1,01
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	1,79	1,14
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,95	1,20
	НСР <sub>05</sub>	0,20	0,16
Озимая пшеница	Без удобрений	4,66	3,60
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6,02	4,05
	N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	6,97	4,59
	НСР <sub>05</sub>	0,35	0,29
Подсолнечник	Без удобрений	2,84	1,52
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	3,62	1,72
	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	4,01	2,03
	НСР <sub>05</sub>	0,27	0,15

Общей закономерностью изменения урожайности на вариантах опыта являлось увеличение показателей по мере роста нормы внесения удоб-

рений, урожайность достигала наибольших значений у сельхозкультур: гороха посевного (вариант N<sub>30</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>) – в 2023 г. – 3,72 т/га, в 2024 г. – 1,45 т/га; льна масличного (вариант N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) – соответственно 1,95 и 1,20 т/га; озимой пшеницы (вариант N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>) – 6,97 и 4,59 т/га; подсолнечника (вариант N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>) – 4,01 и 2,03 т/га. При сравнении этих показателей по годам видим, что в более влажном 2023 г. урожайность при разных фонах питания была выше: у гороха – в 2,3–2,6 раза, у льна масличного – в 1,5–1,6 раза, у озимой пшеницы – в 1,3–1,5 раза, у подсолнечника – в 1,9–2,1 раза, по сравнению с данными острозасушливого 2024 г.

Наиболее адаптивной к стрессовым условиям произрастания оказалась озимая пшеница, урожайность ее зерна в 2024 г. на вариантах находилась в пределах 65,7–77,3 % от урожайности предыдущего влажного года. Несколько ниже этот показатель у перспективной культуры богарного земледелия льна масличного – 61,5–66,0 %. У подсолнечника данное соотношение оказалось в пределах 47,5–53,5 %. Менее устойчивым к засушливым условиям произрастания оказался горох, урожайность семян которого в острозасушливом 2024 г. не превысила 30,0–44,0 % от показателей влажного 2023 г.

Эффективность использования удобрений изучаемыми сельхозкультурами имела значительные отличия как по годам исследований, так и по вариантам опыта (таблица 4).

**Таблица 4 – Эффективность использования удобрений сельскохозяйственными культурами, 2023–2024 гг.**

**Table 4 – Fertilizer application efficiency by agricultural crops, 2023–2024**

Культура	Фон NPK	Прибавка от удобрений				Отдача, кг/кг д. в.	
		2023 г.		2024 г.		2023	2024
		т/га	%	т/га	%		
Горох посевной	N <sub>15</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	0,80	31,7	0,22	19,8	8,42	2,32
	N <sub>30</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	1,20	47,6	0,34	30,6	6,32	1,79
Лен масличный	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0,26	17,0	0,13	12,9	2,89	1,44
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,42	27,5	0,19	18,8	2,33	1,06
Озимая пшеница	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,36	29,2	0,45	12,5	6,80	2,25
	N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	2,31	49,6	0,99	27,5	8,25	3,54
Подсолнечник	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	0,78	27,5	0,20	13,2	6,50	1,67
	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	1,17	41,2	0,51	33,6	4,88	1,82

В благоприятном для сельхозкультур по обеспеченности растений теплом и влагой 2023 г. прибавки урожайности от применения удобрений в абсолютных и относительных единицах были значительно выше. При выращивании гороха посевного прибавка урожайности по сравнению с условиями естественного плодородия в указанном году на варианте с фоном удобрений  $N_{15}P_{40}K_{40}$  составила 0,80 т/га, или 31,7 %, на варианте с внесением  $N_{30}P_{80}K_{80}$  этот показатель достигал 1,20 т/га, или 47,6 %. В 2024 г. аналогичное увеличение на этих же вариантах не превысило 0,22 и 0,34 т/га, или 19,8 и 30,6 %.

Такие же закономерности в изменении прибавок урожайности от внесения удобрений отмечены и на вариантах других культур. При выращивании льна масличного внесение норм  $N_{30}P_{30}K_{30}$  и  $N_{60}P_{60}K_{60}$  способствовало увеличению по сравнению с условиями естественного плодородия сбора маслосемян в 2023 г. на 0,26 т/га (17,0 %) и 0,42 т/га (27,5%), в 2024 г. эти показатели были меньше – соответственно 0,13 т/га, или 12,9 %, и 0,19 т/га, или 18,8 %.

Фоны питания озимой пшеницы  $N_{80}P_{60}K_{60}$  и  $N_{120}P_{80}K_{80}$  в 2023 г. обеспечили прибавки урожайности 1,36 и 2,31 т/га, что соответствовало 29,2 и 49,6 %, а в 2024 г. они не превысили 0,45 и 0,99 т/га, или 12,5 и 27,5 %.

Внесение под подсолнечник норм удобрений  $N_{40}P_{40}K_{40}$  и  $N_{80}P_{80}K_{80}$  дало возможность дополнительно по сравнению с посевами без удобрений получить продукцию маслосемян, составившую в 2023 г. 0,78 т/га (27,5 %) и 1,17 т/га (41,2 %), в 2024 г. не более 0,20 и 0,51 т/га, что адекватно 13,2 и 33,6 %.

Более высокая отдача от применения удобрений в годы исследований получена на вариантах со средним фоном минерального питания при выращивании гороха (8,42 и 2,32 кг/кг д. в.), льна масличного (2,89 и 1,44 кг/кг д. в.) и подсолнечника (6,50 и 1,67 кг/кг д. в.).

На участках с озимой пшеницей лучшая эффективность использования удобрений отмечена в условиях высокого фона питания (8,25 и 3,54 кг/кг д. в.).

При этом значительно лучшая отдача от применения удобрений в виде прибавки урожая достигнута в более благоприятном по тепло-, влагообеспеченности 2023 г. Соответствующая разница в получении дополнительной продукции на единицу внесенных удобрений между данными 2023 и 2024 гг. составила: на вариантах озимой пшеницы – 2,3–3,0 раза, подсолнечника – 2,7–3,9 раза, гороха – 3,5–3,6 раза, льна масличного – 2,0–2,2 раза.

Отличия в показателях тепло-, влагообеспеченности вегетационных периодов изучаемых сельскохозяйственных культур за годы наблюдений отразились на данных об их водопотреблении: элементах водного баланса (расходе влаги из почвы  $\Delta W$ , осадках  $X$ ), суммарном водопотреблении ( $E$ ), коэффициенте водопотребления ( $K_B$ ), зависящем от урожайности ( $Y$ ). Это наглядно отражают данные, полученные на вариантах с высокими фонами питания: гороха –  $N_{30}P_{80}K_{80}$ , льна масличного –  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , озимой пшеницы –  $N_{120}P_{80}K_{80}$  и подсолнечника –  $N_{80}P_{80}K_{80}$  (таблица 5) [19].

**Таблица 5 – Водный баланс сельскохозяйственных культур в 2023–2024 гг., Федеральный Ростовский аграрный научный центр**

**Table 5 – Water balance of agricultural crops in 2023–2024, Federal Rostov Agricultural Research Centre**

Культура	Вариант	$\Delta W$ , мм/га	$X$ , мм/га	$E$ , мм/га	$Y$ , т/га	$K_B$ , мм/т
1	2	3	4	5	6	7
2023 г.						
Горох посевной	Без удобрений	87	224,2	311,2	2,52	123,5
	$N_{15}P_{40}K_{40}$	84	224,2	308,2	3,32	92,8
	$N_{30}P_{80}K_{80}$	82	224,2	306,2	3,72	82,3
Лен масличный	Без удобрений	69	248,6	317,6	1,53	207,6
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	65	248,6	313,6	1,79	175,2
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	66	248,6	314,6	1,95	161,3
Озимая пшеница	Без удобрений	23	295,6	318,6	4,66	68,4
	$N_{80}P_{60}K_{60}$	28	295,6	323,6	6,02	57,8
	$N_{120}P_{80}K_{80}$	25	295,6	320,6	6,97	46,0
Подсолнечник	Без удобрений	92	212,4	304,4	2,84	107,2
	$N_{40}P_{40}K_{40}$	87	212,4	299,4	3,62	82,7
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	88	212,4	300,4	4,01	74,9

Продолжение таблицы 5

Table 5 continued

1	2	3	4	5	6	7
2024 г.						
Горох посевной	Без удобрений	162	30,1	192,1	1,11	173,1
	N <sub>15</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	166	30,1	196,1	1,33	147,4
	N <sub>30</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	167	30,1	197,1	1,45	135,9
Лен масличный	Без удобрений	128	30,0	158,0	1,01	156,4
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	133	30,0	163,0	1,14	143,0
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	131	30,0	161,0	1,20	134,2
Озимая пшеница	Без удобрений	171	143,1	314,1	3,60	87,3
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	174	143,1	317,1	4,05	78,3
	N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	176	143,1	319,1	4,59	69,5
Подсолнечник	Без удобрений	109	46,6	155,6	1,52	102,4
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	115	46,6	161,6	1,72	94,0
	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	114	46,6	160,6	2,03	79,1

В 2023 г. при большом количестве выпавших атмосферных осадков за вегетационные периоды культур суммарное водопотребление озимой пшеницы составило на вариантах 318,6–323,6 мм/га при доле атмосферных осадков в суммарном водопотреблении культуры 91,3–92,8 %. Аналогичные показатели при возделывании подсолнечника составили 299,4–304,4 мм/га, или 69,8–70,9 %, гороха – 306,2–311,2 мм/га, или 72,0–73,2 %, льна масличного – 313,6–317,6 мм/га, или 78,6–79,3 %. При этом расход влаги из почвы варьировал в пределах 7,2–30,2 % от суммарного водопотребления названных культур.

В 2024 г. сумма составляющих водного баланса культур была ниже, с минимальными показателями по вариантам льна масличного – 158,0–163,0 мм/га, наибольшими – по озимой пшенице – 314,1–319,1 мм/га. Однако доля атмосферных осадков в суммарном водопотреблении не превышала у гороха посевного 15,3–15,7 %, льна масличного – 18,4–19,0 %, подсолнечника – 28,8–29,9 %, озимой пшеницы – 44,8–45,5 %. Соответственно, процент расхода воды из почвы в водном балансе имел обратные значения, изменяясь от 55,2 % при выращивании озимой пшеницы до 84,7 % на посевах гороха.

Количество атмосферных осадков, выпавших за вегетационные периоды сельскохозяйственных культур, на вариантах опыта в годы исследований были одинаковы, разница в показателях расхода влаги из почвы была минимальной. Это и обусловило незначительные расхождения в данных о суммарном водопотреблении культур на разных вариантах, наибольшее влияние на изменение показателей коэффициента водопотребления оказывали данные об урожайности.

Наиболее рациональный расход влаги на единицу продукции получен на вариантах, на которых под сельхозкультуры вносились высокие нормы удобрений. На варианте гороха посевного при внесении  $N_{30}P_{80}K_{80}$  имели самый низкий коэффициент водопотребления, в 2023 г. он составил 82,3 мм/т, в 2024 г. – 135,9 мм/т. Наиболее рациональное использование влаги в указанные годы при возделывании льна масличного отмечалось на варианте  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – соответственно 161,3 и 134,2 мм/т, при возделывании озимой пшеницы – на фоне внесения  $N_{120}P_{80}K_{80}$  – 46,0 и 69,5 мм/т, для подсолнечника – на фоне  $N_{80}P_{80}K_{80}$  – 74,9 и 79,1 мм/т. При этом в засушливом 2024 г. коэффициент водопотребления гороха был выше на 65,1 % по сравнению с аналогичным показателем во влажном 2023 г. На вариантах внесения удобрений большей дозой аналогичное увеличение по озимой пшенице составило 51,1 %, по подсолнечнику не превысило 5,6 %. При выращивании льна масличного более рациональное использование почвенной влаги растениями отмечено в засушливом 2024 г., а соответствующее снижение коэффициента водопотребления при этом составило 16,8 %.

**Выводы.** В годы исследований отмечены значительные отличия показателей тепло-, влагообеспеченности вегетационных периодов культур звена севооборота, показатели ГТК в 2023 и 2024 гг. составили: у гороха посевного – 1,44 и 0,20, у льна масличного – 1,50 и 0,16, у озимой пшеницы – 1,35 и 0,61, у подсолнечника – 0,85 и 0,19.

Урожайность изучаемых культур севооборота по вариантам возраста-

ла по мере интенсификации фона питания, достигая наибольших значений в 2023 и 2024 гг.: у гороха посевного (вариант  $N_{30}P_{80}K_{80}$ ) – 3,72 и 1,45 т/га; у льна масличного (вариант  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) – 1,95 и 1,20 т/га; у озимой пшеницы (вариант  $N_{120}P_{80}K_{80}$ ) – 6,97 и 4,59 т/га; у подсолнечника (вариант  $N_{80}P_{80}K_{80}$ ) – 4,01 и 2,03 т/га.

Сравнение урожайности культур при разных фонах удобрений по годам отражает превосходство данных более влажного 2023 г., которые были выше по сравнению с данными острозасушливого 2024 г.: у гороха посевного – в 2,3–2,6 раза, у льна масличного – 1,5–1,6 раза, у озимой пшеницы – в 1,3–1,5 раза, у подсолнечника – в 1,9–2,1 раза.

Умеренная норма удобрений для культур звена севооборота способствовала получению прибавок урожайности в 2023 и 2024 гг. на вариантах: гороха ( $N_{15}P_{40}K_{40}$ ) – 0,80 т/га (31,7 %) и 0,22 т/га (19,8 %); льна масличного ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) – 0,26 т/га (17,0 %) и 0,13 т/га (12,9 %); озимой пшеницы ( $N_{80}P_{60}K_{60}$ ) – 1,36 т/га (29,2 %) и 0,45 т/га (12,5 %); подсолнечника ( $N_{40}P_{40}K_{40}$ ) – 0,78 т/га (27,5 %) и 0,20 т/га (13,2 %).

Высокая норма удобрений обеспечила стабильные прибавки по годам на вариантах: гороха ( $N_{30}P_{80}K_{80}$ ) – 1,20 т/га (47,6 %) и 0,34 т/га (30,6 %); льна масличного ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) – 0,42 т/га (27,5 %) и 0,19 т/га (18,8 %); озимой пшеницы ( $N_{120}P_{80}K_{80}$ ) – 2,31 т/га (49,6 %) и 0,99 т/га (27,5 %); подсолнечника ( $N_{80}P_{80}K_{80}$ ) – 1,17 т/га (41,2 %) и 0,51 т/га (33,6 %).

Лучшая отдача от применения удобрений в годы исследований при выращивании гороха (8,42 и 2,32 кг/кг), льна масличного (2,89 и 1,44 кг/кг) и подсолнечника (6,50 и 1,67 кг/кг) получена на вариантах с умеренным фоном питания. На посевах озимой пшеницы – при высоком фоне питания (8,25 и 3,54 кг/кг). Значительно лучшая отдача от удобрений в виде прибавки урожая достигнута в 2023 г. и была выше по сравнению с показателями 2024 г.: на вариантах гороха – в 3,5–3,6 раза, льна масличного – в 2,0–2,2 раза, озимой пшеницы – в 2,3–3,0 раза, подсолнечника – в 2,7–3,9 раза.

Коэффициент водопотребления во влажном 2023 г. составил по озимой пшенице 46,0 мм/т, по подсолнечнику – 74,9 мм/т и по гороху – 82,3 мм/т. В засушливом 2024 г. при возделывании льна масличного – 134,2 мм/т.

### Список источников

1. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы / А. И. Клименко [и др.]; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. Ростов н/Д., 2022. 736 с. EDN: GHQGWS.
2. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность зернобобовых культур в богарных условиях Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 123–141. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-123-141. EDN: HFPVOY.
3. Peri O., Avci S., Koc A. Forage yield and quality differences of autumn and spring-sown forage pea genotypes under Central Anatolia conditions // Turkish Journal of Field Crops. 2021. Vol. 26(2). P. 253–261. DOI: 10.17557/tjfc.865241. EDN: QVNTVG.
4. Горянин О. И. Влияние климата и погодных условий на урожайность зерновых культур в засушливых условиях Поволжья // Земледелие. 2024. № 4. С. 19–24. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-4-19-24. EDN: BQDWPB.
5. Ткаченко Н. А. Засухи и урожайность зерновых культур в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4. С. 171–178. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-04-24. EDN: VUUQAN.
6. Дериглазова Г. М. Влияние климата и погодных условий на динамику урожайности озимой пшеницы в условиях Курской области // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 3. С. 276–294. DOI: 10.31774/2712-9357-2025-15-3-276-294. EDN: ANWTAL.
7. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: науч. изд. / В. Ф. Федоренко [и др.]. М.: Росинформагротех, 2018. 396 с. DOI: 10.25930/skc8-gc14. EDN: YKUNKP.
8. Щедрин В. Н., Балакай Г. Т. Состояние и перспективы развития мелиорации земель на юге России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2014. № 3(15). С. 1–15. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=729> (дата обращения: 01.06.2026). EDN: SZIODB.
9. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Особенности минерального питания сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 1. С. 192–210. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1186> (дата обращения: 16.02.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-192-210. EDN: FMUZZY.
10. Влияние последствий длительного применения минеральных удобрений на урожайность и качество семян подсолнечника в условиях Ставропольского края / Н. Н. Шаповалова, Е. А. Менькина, А. А. Воропаева, Д. А. Ахмедшина // Земледелие. 2023. № 5. С. 22–26. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-5-22-26. EDN: XPJDQH.
11. Ильинская И. Н., Кулыгин В. А. Эффективность применения удобрений в группах сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня водного режима в Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 4(40). С. 71–87. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1160> (дата обращения: 01.06.2026). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-71-87. EDN: APUZTA.
12. Аветисян Д. Р., Каменев Р. А., Каменева В. К. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов при выращивании льна масличного на черноземе обыкновенном в условиях Нижнего Дона // Аграрный научный журнал. 2023. № 8. С. 4–9. DOI: 10.28983/asj.y2023i8pp4-9. EDN: JICARU.

13. Федюшкин А. В., Пасько С. В. Эффективность возделывания гороха Премьер в зависимости от вносимых минеральных удобрений и норм высева // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 2. С. 212–227. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-212-227. EDN: CVCWZC.

14. Мадякин Е. В., Горянин О. И. Перспективы возделывания российских сортов и гибридов подсолнечника в Поволжье // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 46–49. DOI: 10.28983/asj.y2020i10pp46-49. EDN: AVZGJN.

15. Митрофанов Д. В. Воздействие влажности, температуры и биологической активности почвы на урожайность гороха в засушливых условиях Оренбуржья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 1(65). С. 31–38. DOI: 10.18286/1816-4501-2024-1-31-38. EDN: EMFUZW.

16. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Особенности влияния отдельных технологических приемов на водопотребление и урожайность новых сортов озимой пшеницы в Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 9. С. 26–31. DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_9\_26. EDN: GDJHИH.

17. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние приемов возделывания на урожайность и водопотребление подсолнечника в условиях Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 4. С. 295–313. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-295-313. EDN: ORWNSZ.

18. Влияние приемов возделывания на урожайность и водопотребление льна масличного в условиях Ростовской области / Н. Н. Вошедский, В. А. Кулыгин, О. А. Целуйко, М. И. Рычкова // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 2. С. 334–352. DOI: 10.31774/2712-9357-2025-15-2-334-352. EDN: QQAGMZ.

19. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние приемов возделывания на урожайность и водопотребление гороха в условиях Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 3. С. 211–227. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-211-227. EDN: NCDGLO.

## References

1. Klimenko A.I. [et al.], 2022. *Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoy oblasti na 2022–2026 gody* [Zonal Farming Systems of the Rostov Region for 2022–2026]. Ministry of Agriculture and Food in Rostov Region, Rostov-on-Don, 736 p., EDN: GHQGWS. (In Russian).

2. Voshedsky N.N., Kulygin V.A., 2022. *Vliyanie elementov tekhnologii vozdel'yvaniya na urozhaynost' zernobobovykh kul'tur v bogarnykh usloviyakh Rostovskoy oblasti* [The influence of cultivation technology elements on the leguminous crop cultivation under rainfed conditions in Rostov region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 12, no. 2, pp. 123-141, DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-123-141, EDN: HFPVOY. (In Russian).

3. Ileri O., Avci S., Koc A., 2021. Forage yield and quality differences of autumn and spring-sown forage pea genotypes under Central Anatolia conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, vol. 26(2), pp. 253-261, DOI: 10.17557/tjfc.865241, EDN: QVNTVG.

4. Goryanin O.I., 2024. *Vliyanie klimata i pogodnykh usloviy na urozhaynost' zernovykh kul'tur v zasushlivykh usloviyakh Povolzh'ya* [The influence of climate and weather conditions on the yield of grain crops in the arid conditions of the Volga region]. *Zemledelie* [Farming], no. 4, pp. 19-24, DOI: 10.24412/0044-3913-2024-4-19-24, EDN: BQDWPB. (In Russian).

5. Tkachenko N.A., 2018. *Zasukhi i urozhaynost' zernovykh kul'tur v Volgogradskoy oblasti* [Droughts and yield of cereal crops in Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 4, pp. 171-178, DOI: 10.32786/2071-9485-2018-04-24, EDN: VUUQAN. (In Russian).

6. Deriglazova G.M., 2025. *Vliyanie klimata i pogodnykh usloviy na dinamiku urozhaynosti ozimoy pshenitsy v usloviyakh Kurskoy oblasti* [The influence of climate and weather conditions on the dynamics of winter wheat yield in Kursk region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 15, no. 3, pp. 276-294, DOI: 10.31774/2712-9357-2025-15-3-276-294, EDN: ANWTAL. (In Russian).

7. Fedorenko V.F. [et al.], 2018. *Nauchnye osnovy proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenitsy: nauch. izd.* [Scientific Foundations of High-Quality Wheat Grain Production: scientific ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 396 p., DOI: 10.25930/skc8-gc14, EDN: YKUHKP. (In Russian).

8. Shchedrin V.N., Balakay G.T., 2014. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya melioratsii zemel' na yuge Rossii* [State and prospects for the development of land reclamation in the south of Russia]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* [Scientific Journal of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 3(15), pp. 1-15, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=729> (accessed 01.06.2026), EDN: SZIODB. (In Russian).

9. Babichev A.N., Babenko A.A., 2021. *Osobennosti mineral'nogo pitaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Features of mineral nutrition of agricultural crops]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* [Scientific Journal of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], vol. 11, no. 1, pp. 192-210, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1186> (accessed 16.02.2021), DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-192-210, EDN: FMUZZY. (In Russian).

10. Shapovalova N.N., Menkina E.A., Voropaeva A.A., Akhmedshina D.A., 2023. *Vliyanie posledeystviya dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo semyan podsolnechnika v usloviyakh Stavropol'skogo kraya* [The influence of the aftereffects of long-term application of mineral fertilizers on the yield and quality of sunflower seeds under the conditions of the Stavropol Territory]. *Zemledelie* [Farming], no. 5, pp. 22-26, DOI: 10.24412/0044-3913-2023-5-22-26, EDN: XPJDQH. (In Russian).

11. Ilyinskaya I.N., Kulygin V.A., 2020. *Effektivnost' primeneniya udobreniy v gruppakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v zavisimosti ot urovnya vodnogo rezhima v Rostovskoy oblasti* [Efficiency of fertilizer application in groups of agricultural crops depending on the level of water regime in Rostov region]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* [Scientific Journal of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 4(40), pp. 71-87, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1160> (accessed 01.06.2026), DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-71-87, EDN: APUZTA. (In Russian).

12. Avetisyan D.R., Kamenev R.A., Kameneva V.K., 2023. *Primenenie mineral'nykh udobreniy i bakterial'nykh preparatov pri vyrashchivanii l'na maslichnogo na chernozeme obyknovennom v usloviyakh Nizhnego Dona* [The application of mineral fertilizers and bacterial preparations in the cultivation of oilseed flax on ordinary chernozem under the conditions of the Lower Don]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 8, pp. 4-9, DOI: 10.28983/asj.y2023i8pp4-9, EDN: JICARU. (In Russian).

13. Fedyushkin A.V., Pasko S.V., 2023. *Effektivnost' vozdeystviya gorokha Prem'yer v zavisimosti ot vnosimyykh mineral'nykh udobreniy i norm vyseva* [Efficiency of peas Premier cultivation depending on applied mineral fertilizers and sowing rates]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 2, pp. 212-227, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-212-227, EDN: CVCWZC. (In Russian).

14. Madyakin E.V., Goryanin O.I., 2020. *Perspektivy vozdeystviya rossiyskikh sortov i gibridov podsolnechnika v Povolzh'ye* [Prospects for cultivating Russian sunflower varieties and hybrids in the Volga region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 10, pp. 46-49, DOI: 10.28983/asj.y2020i10pp46-49, EDN: AVZGJN. (In Russian).

15. Mitrofanov D.V., 2024. *Vozdeystvie vlazhnosti, temperatury i biologicheskoy aktivnosti pochvy na urozhaynost' gorokha v zasushlivykh usloviyakh Orenburzhya* [The impact of humidity, temperature and biological activity of soil on pea yield in arid conditions of

Orenburg region]. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of Ulyanovsk State Agricultural Academy], no. 1(65), pp. 31-38, DOI: 10.18286/1816-4501-2024-1-31-38, EDN: EMFUZW. (In Russian).

16. Voshedskiy N.N., Kulygin V.A., 2022. *Osobennosti vliyaniya otdel'nykh tekhnologicheskikh priemov na vodopotrebleniye i urozhaynost' novykh sortov ozimoy pshenitsy v Rostovskoy oblasti* [Features of the influence of certain technological methods on water consumption and productivity of new winter wheat varieties in Rostov region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex], vol. 36, no. 9, pp. 26-31, DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_9\_26, EDN: GDJHII. (In Russian).

17. Voshedskiy N.N., Kulygin V.A., 2023. *Vliyanie priemov vozdeleyvaniya na urozhaynost' i vodopotrebleniye podsolnechnika v usloviyakh Rostovskoy oblasti* [Influence of cultivation methods on the yield and water consumption of sunflower in the Rostov region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 4, pp. 295-313, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-295-313, EDN: ORWNSZ. (In Russian).

18. Voshedsky N.N., Kulygin V.A., Tseluiko O.A., Rychkova M.I., 2025 *Vliyanie priemov vozdeleyvaniya na urozhaynost' i vodopotrebleniye l'na maslichnogo v usloviyakh Rostovskoy oblasti* [The influence of cultivation technology elements on the yield of oil flax in Rostov region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 15, no. 2, pp. 334-352, DOI: 10.31774/2712-9357-2025-15-2-334-352, EDN: QQAGMZ. (In Russian).

19. Voshedsky N.N., Kulygin V.A., 2024. *Vliyanie priemov vozdeleyvaniya na urozhaynost' i vodopotrebleniye gorokha v usloviyakh Rostovskoy oblasti* [Influence of cultivation methods on the yield and water consumption of peas in Rostov region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 14, no. 3, pp. 211-227, DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-211-227, EDN: NCDGLO. (In Russian).

---

#### **Информация об авторах**

**Н. Н. Вошедский** – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный Ростовский аграрный научный центр (346735, Ростовская область, Аксайский район, пос. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), nik.voshedskiy@mail.ru, AuthorID: 857099, ORCID: 0000-0002-0800-1572;

**В. А. Кулыгин** – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный Ростовский аграрный научный центр (346735, Ростовская область, Аксайский район, пос. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), kulygin-vladimir@rambler.ru, AuthorID: 516506, ORCID: 0000-0001-6351-8569;

**С. В. Пасько** – заведующий лабораторией биологии растений, агрохимии и сортовой агротехники, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральный Ростовский аграрный научный центр (346735, Ростовская область, Аксайский район, пос. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), pasko\_s@mail.ru, AuthorID: 735230, ORCID: 0000-0003-2504-3448;

**О. А. Целуйко** – ученый секретарь, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральный Ростовский аграрный научный центр (346735, Ростовская область, Аксайский район, пос. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), o.tseluyko@yandex.ru, AuthorID: 469446, ORCID: 0000-0001-9161-0346;

**М. И. Рычкова** – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный Ростовский аграрный научный центр (346735, Ростовская область, Аксайский район, пос. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), ruchkova-1980@list.ru, AuthorID: 946183, ORCID: 0000-0003-3236-6368.

#### **Information about the authors**

**N. N. Voshedsky** – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Rostov Agricultural Research Centre (346735, Rostov region, Aksay district, Rassvet settlement, Institutsкая st., 1), nik.voshedskiy@mail.ru, AuthorID: 857099, ORCID: 0000-0002-0800-1572;

**V. A. Kulygin** – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Rostov Agricultural Research Centre (346735, Rostov region, Aksay district, Rassvet settlement, Institutsкая st., 1), kulygin-vladimir@rambler.ru, AuthorID: 516506, ORCID: 0000-0001-6351-8569;  
**S. V. Pasko** – Head of the Laboratory of Plant Biology, Agrochemistry and Varietal Agrotechnology, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal Rostov Agricultural Research Centre (346735, Rostov region, Aksay district, Rassvet settlement, Institutsкая st., 1), pasko\_s@mail.ru, AuthorID: 735230, ORCID: 0000-0003-2504-3448;  
**O. A. Tseluiko** – Academic Secretary, Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal Rostov Agricultural Research Centre (346735, Rostov region, Aksay district, Rassvet settlement, Institutsкая st., 1), o.tseluyko@yandex.ru, AuthorID: 469446, ORCID: 0000-0001-9161-0346;  
**M. I. Rychkova** – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Rostov Agricultural Research Centre (346735, Rostov region, Aksay district, Rassvet settlement, Institutsкая st., 1), ruchkova-1980@list.ru, AuthorID: 946183, ORCID: 0000-0003-3236-6368.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 16.02.2026; одобрена после рецензирования 10.06.2026;  
принята к публикации 23.06.2026.  
The article was submitted 16.02.2026; approved after reviewing 10.06.2026; accepted for  
publication 23.06.2026.*