

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 635.656:631.559

doi: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-211-227

Влияние приемов возделывания на урожайность и водопотребление гороха в условиях Ростовской области

Николай Николаевич Вошедский¹, Владимир Анатольевич Кулыгин²

^{1,2}Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация

¹dzni-szr@mail.ru

²kulygin-vladimir@rambler.ru

Аннотация. Цель: выявление эффективного сочетания способов основной обработки почвы, фона удобрений, особенностей водопотребления при разных сроках сева и их влияния на урожайность новых сортов гороха в условиях Ростовской области. **Материалы и методы.** Работа выполнена в 2022–2023 гг. на опытном стационаре научного центра. Изучались: способы основной обработки почвы (вспашка, комбинированная, чизелевание) (фактор А); фоны удобрений: 1) без удобрений, 2) P₄₀K₄₀, 3) P₆₀K₆₀, 4) P₈₀K₈₀, 5) N₁₅P₄₀K₄₀, 6) N₃₀P₈₀K₈₀ (фактор В). Посев проводился в два срока. Почвы – обыкновенные черноземы. **Результаты.** Более высокая урожайность получена на вариантах 1-го срока сева, независимо от обработки и удобрений. Прибавка составила у сортов Донец – 6,3–6,8 %, Амулет – 6,9–8,4 %, по сравнению с данными 2-го срока. При комбинированной и чизельной обработках отмечено снижение урожайности, независимо от фона удобрений и сроков сева, оно составило у сортов Донец и Амулет соответственно 6,0–6,3 и 5,2–5,3; 4,9–5,2 и 3,5–4,7 %, по сравнению со вспашкой (фактор А). Самую высокую урожайность гороха по фактору В дал вариант N₃₀P₈₀K₈₀: у сортов Донец – 3,03 и 2,86 т/га, Амулет – 2,56 и 2,39 т/га. Прибавки урожайности достигли соответственно 0,89–0,93 т/га (44,3–45,2 %) и 0,67–0,71 т/га (38,3–38,9 %), по сравнению с контролем. Разница в урожайности между вариантами P₈₀K₈₀ и N₃₀P₈₀K₈₀ не превышала у сорта Донец 0,09–0,13 т/га, Амулет – 0,03–0,06 т/га. **Выводы.** Лучшая урожайность зерна получена на варианте со вспашкой, фоне питания N₃₀P₈₀K₈₀ при 1-м сроке сева в 2023 г., составив по сорту Донец 3,72 т/га, сорту Амулет – 2,91 т/га. Здесь же отмечен и самый низкий коэффициент водопотребления гороха – 804 м³/т.

Ключевые слова: горох, способ основной обработки, удобрения, срок сева, урожайность, водопотребление

Для цитирования: 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. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-211-227>.

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

The influence of cultivation methods on the yield and water consumption of peas in Rostov region

Nikolay N. Voshedskiy¹, Vladimir A. Kulygin²

^{1,2}Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation

¹dzni-szr@mail.ru

²kulygin-vladimir@rambler.ru



Abstract. Purpose: to identify an effective combination of primary soil tillage methods, fertilizer background, water consumption features at different sowing dates and their influence on the yield of new pea varieties in Rostov region. **Materials and methods.** The research was carried out in 2022–2023 at the experimental stationary of the scientific center. The following were studied: basic soil tillage methods (plowing, combined, chiseling) (factor A); fertilizer backgrounds: 1) without fertilizers, 2) P₄₀K₄₀, 3) P₆₀K₆₀, 4) P₈₀K₈₀, 5) N₁₅P₄₀K₄₀, 6) N₃₀P₈₀K₈₀ (factor B). Sowing was carried out in two stages. Soils are ordinary chernozem. **Results.** Higher yields were obtained in the variants of the 1st sowing date, regardless of cultivation and fertilizers. The increase was 6.3–6.8 % for the Donets and 6.9–8.4 % for the Amulet varieties, compared with the data for the 2nd term. A decrease in yield was noted with combined and chisel tillage, regardless of the fertilizer background and sowing dates; it was 6.0–6.3 and 5.2–5.3 % for the Donets and Amulet varieties, respectively; 4.9–5.2 and 3.5–4.7 %, compared with plowing (factor A). The highest pea yield according to factor B was provided by the N₃₀P₈₀K₈₀ variant: 3.03 and 2.86 t/ha for the Donets varieties, 2.56 and 2.39 t/ha for the Amulet varieties. The yield increases reached 0.89–0.93 t/ha (44.3–45.2 %) and 0.67–0.71 t/ha (38.3–38.9 %), respectively, compared to the control. The difference in average yield between the P₈₀K₈₀ and N₃₀P₈₀K₈₀ variants did not exceed 0.09–0.13 t/ha for the Donets variety and 0.03–0.06 t/ha for the Amulet variety. **Conclusions.** The best average yield was obtained in the variant with plowing and N₃₀P₈₀K₈₀ nutrition at the first sowing period in 2023, amounting to 3.72 t/ha for the Donetsk variety and 2.91 t/ha for the Amulet variety. The lowest water consumption coefficient of peas was also noted here – 804 m³/t.

Keywords: peas, basic tillage method, fertilizers, sowing time, yield, water consumption

For citation: Voshedskiy N. N., Kulygin V. A. The influence of cultivation methods on the yield and water consumption of peas in Rostov region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(3):211–227. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-211-227>.

Введение. Горох является одной из самых распространенных в РФ бобовых культур, посевные площади которой стабильно увеличиваются. По данным Росстата [1] за 2023 г., посевы гороха в России достигли 1993,1 тыс. га, что на 371,4 тыс. га, или на 22,9 %, больше, чем в предыдущем году. При этом урожайность гороха в среднем по стране выросла за 5 лет на 0,75 т/га (44,9 %), за 10 лет – на 1,01 т/га (71,8 %), достигнув в 2023 г. 2,41 т/га [1]. Это обеспечило рекордный валовой сбор данной культуры за 2023 г. в РФ, составивший 4716,9 тыс. т.

Приведенные данные отражают высокую востребованность данной культуры на современном рынке. Прежде всего, зерно гороха отличается высоким содержанием белка (до 27 %), значительным количеством ценных элементов для питания человека и животных, обладает хорошими вкусовыми качествами [2]. Как полевая культура горох характеризуется многопрофильным использованием: продовольственным, зернофуражным, укос-

ным. Используется в пищевой, консервной, комбикормовой промышленности, в качестве ценного корма для животных. Обладая высокой азотфиксирующей способностью, горох является одним из лучших предшественников для большинства сельскохозяйственных культур, особенно для озимой пшеницы, тем самым позволяет уйти от черных паров. В южных регионах со значительными тепловыми ресурсами горох используется и как промежуточная культура, повышая интенсификацию современного производства. Кроме того, по сравнению с другими зернобобовыми культурами горох более адаптивен к почвенно-климатическим условиям выращивания, что способствует широкому ареалу его распространения [2]. Поэтому возделывание гороха в южных регионах является перспективным и выгодным.

Однако фактическая продуктивность гороха на юге России и в Ростовской области не отражает реального потенциала культуры в регионе. Так, средняя урожайность гороха, полученная в Ростовской области в 2010-х гг., в зависимости от влагообеспеченности года не превышала 1,3–1,9 т/га. В 2022 г. урожайность здесь составила 1,79 т/га, а в благоприятный 2023 г. данный показатель возрос до 3,31 т/га [1]. При этом потенциал районированных в регионе интенсивных сортов достигает 4,50–6,00 т/га и более [3].

На неполное раскрытие потенциала гороха на юге России оказывает влияние совокупность разных факторов. Усиление засушливости климата не способствует созданию благоприятных условий для вегетации культуры, что в сочетании с недостаточной изученностью особенностей водопотребления гороха, дефицитом эффективных приемов, снижающих негативное влияние стрессовых условий на рост и развитие растений, отрицательно отражается на показателях урожайности [4–6]. При значительном расширении посевных площадей под горох сказывается недостаточная разработанность агротехнических приемов его возделывания [1, 7–9],

прежде всего с учетом новых конкретных природно-климатических условий. Негативным фактором остается и дефицит новых урожайных сортов отечественной селекции, их слабое внедрение в производство [1, 3].

Изучение и анализ специальных литературных источников позволяют сделать выводы, что в вопросах установления оптимальных параметров основных элементов технологии возделывания гороха среди исследователей существуют различные точки зрения [1]. Это относится к рациональным способам основной обработки почвы [10–12], установлению эффективных норм применения удобрений [13–15], определению оптимального срока сева [4, 6, 16], изучению особенностей водопотребления гороха [5, 12, 17], взаимодействию разных факторов [8, 9, 15], других агротехнических приемов.

Исходя из анализа вышеизложенного, объектом наших исследований являлись новые сорта гороха Донец и Амулет, выведенные селекционерами федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (ФГБНУ ФРАНЦ). Цель исследований – выявление эффективного сочетания способов основной обработки почвы, вариантов внесения удобрений, особенностей водопотребления при оптимальных сроках посева, их влияния на урожайность новых сортов гороха в почвенно-климатических условиях Приазовской зоны Ростовской области.

Материалы и методы. Опыты проводились в Аксайском районе Ростовской области в 2022 и 2023 гг. Климат зоны проведения исследований засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Средняя многолетняя годовая температура воздуха составляет 10,0 °С. Сумма температур воздуха – 3200–3400 °С. Продолжительность теплого периода – 230–260, безморозного – 175–180 дней. Среднегодовое количество осадков – 514 мм. За теплый период их выпадает до 300 мм. Относительно небольшое количество осадков в сочетании с высокими температурами определяет сухость воздуха и почвы, частую повторяемость засух [17]. Почва опытного участ-

ка представлена черноземом обыкновенным карбонатным среднемоощным 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 г/см³ [17]. Полевые опыты проводились на основании базовых положений общепринятых методик^{1,2}.

Объектом исследований являлись новые сорта гороха Донец и Амulet, выведенные селекционерами ФГБНУ ФРАНЦ. Изучалось влияние разных способов основной обработки почвы и фонов минерального питания при разных сроках сева на урожайность и водопотребление новых сортов в почвенно-климатических условиях Приазовской зоны. При проведении исследований использовалась типичная схема опытов, применяемая в ФГБНУ ФРАНЦ [17]. Пространственное расположение опыта – в трехкратной повторности. Изучаемые факторы А и В накладывались друг на друга.

Приемы основной обработки почвы (фактор А): вспашка на 25–27 см скоростным плугом ПС-3+1 в агрегате с трактором МТЗ-82 (контроль); комбинированная обработка, включающая дискование на 14–16 см боронной БДМ-3×4 в агрегате с трактором Т-150 и щелевание на 40–45 см щелевым Щ-2 в агрегате с Т-150; чизелевание на 25–27 см плугом ПС-3+1, оборудованным чизельными стойками, в агрегате с МТЗ-82 [17].

Уровень применения удобрений (фактор В): 1) без удобрений (контроль), 2) N_{15} , 3) $P_{40}K_{40}$, 4) $P_{80}K_{80}$, 5) $N_{15}P_{40}K_{40}$, 6) $N_{30}P_{80}K_{80}$. Фосфорно-калийные удобрения дозами $P_{40}K_{40}$ и $P_{80}K_{80}$ вносились под основную обра-

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 352 с.

²Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

ботку почвы, азотные подкормки дозами N_{15} и N_{30} весной. Норма высева семян, применявшаяся в опытах, была равна 1,4 млн шт./га.

Посев новых сортов гороха проводился в два одинаковых срока: 3-й декаде марта и 1-й декаде апреля. В 2022 г. этими сроками были 24 марта и 1 апреля, в 2023 г. – 25 марта и 4 апреля. Агротехника при проведении опытов соответствовала зональным системам земледелия [18].

Результаты и обсуждение. Продолжительность вегетационного периода новых сортов гороха, сроки наступления основных фаз развития растений в годы исследований имели незначительные отличия. При 1-м сроке сева продолжительность вегетационного периода гороха была несколько больше, составив в 2022 г. у сорта Донец 95 сут, на 2-м сроке не превысив 89 сут. У сорта Амулет эти показатели были равны соответственно 93 и 88 сут. В 2023 г. продолжительность этих периодов была большей, составив по срокам сева у сорта Донец соответственно 102 и 96 сут, у сорта Амулет – 99 и 93 сут.

Условия тепло-, влагообеспеченности вегетационного периода характеризуются гидротермическим коэффициентом (ГТК) – отношением суммы осадков (X) к сумме активных температур воздуха (T). Эти условия в разные периоды вегетации гороха в годы исследований имели определенные отличия, что наглядно видно из данных по сорту Донец на варианте со вспашкой, фоном питания $N_{30}P_{80}K_{80}$ (таблица 1).

Таблица 1 – Теплообеспеченность и влагообеспеченность вегетационных периодов гороха, 2022–2023 гг.

Table 1 – Heat and moisture supply during the growing seasons of peas, 2022–2023

Период	Дней	$\Sigma T, ^\circ C$	$X, мм$	ГТК	Дней	$\Sigma T, ^\circ C$	$X, мм$	ГТК
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2022 г.								
	1-й срок сева – 24.03.2022				2-й срок сева – 01.04.2022			
Посев – всходы	16	140,8	9,0	0,64	14	155,5	38,2	2,46
Всходы – цветение	35	441,6	57,6	1,30	33	435,9	23,4	0,54
Цветение – образование плодов	19	319,8	17,2	0,54	18	334,7	14,4	0,43

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Образование плодов – полная спелость	25	573,6	0	–	24	546,9	0,8	0,01
Вегетационный период	95	1475,8	83,8	0,57	89	1473,0	76,8	0,52
Период активной вегетации	79	1335	74,8	0,56	75	1317,5	38,6	0,29
2023 г.								
	1-й срок сева – 25.03.2023				2-й срок сева – 05.04.2023			
Посев – всходы	16	144,4	26,8	1,86	15	158,7	38,6	2,43
Всходы – цветение	38	458,2	101,0	2,20	37	525,1	103,0	1,96
Цветение – образование плодов	20	369,1	65,8	1,78	18	337,7	37,2	1,10
Образование плодов – полная спелость	28	586,0	30,6	0,52	26	585,8	24,2	0,41
Вегетационный период	102	1557,7	224,2	1,44	96	1607,3	203,0	1,26
Период активной вегетации	86	1413,3	197,4	1,40	81	1448,6	164,4	1,13

При 1-м сроке сева 2022 г. (24 марта) в начальный период вегетации отмечались удовлетворительные по тепло-, влагообеспеченности условия, что отражают показатели ГТК в периоды от посева до всходов (0,64), от всходов до цветения (1,30) и от цветения до образования плодов (0,54). Однако период от образования плодов до полной спелости характеризовался негативным фактором – полным отсутствием осадков. В целом ГТК вегетационного периода гороха при 1-м сроке сева составил 0,57. На варианте со 2-м сроком сева (1 апреля) в довсходовый период гороха отмечались обильные осадки, что отражено ГТК = 2,46, который характеризует условия переувлажнения посева. В периоды до образования плодов тепло-, влагообеспеченность растений была удовлетворительной с ГТК = 0,43...0,54. Но период от образования плодов до полной спелости также характеризовался крайне низким количеством осадков. Гидротермический коэффициент вегетационного периода был несколько ниже, чем при 1-м сроке сева, составив 0,52. Однако ГТК периода активной вегетации при 2-м сроке сева не превысил 0,29, в то время как при более раннем посеве этот показатель не опустился ниже 0,56.

Условия тепло-, влагообеспеченности вегетационных периодов гороха в 2023 г. при разных сроках сева характеризуются обильным количеством выпавших осадков и высокими показателями общего ГТК, который при 1-м сроке сева (25 марта) достиг 1,44, при втором посевном сроке (5 апреля) – 1,26. Однако высокие ГТК периодов роста и развития культуры до образования плодов при 1-м сроке сева 1,78–2,20, при 2-м сроке 1,10–2,43 отражают условия переувлажнения растений, что не создавало оптимальных условий вегетации. Аналогичные закономерности имели место и на других вариантах изучаемых сортов.

Разные нормы внесения удобрений, способы основной обработки почвы и сроки сева оказывали влияние на изменение урожайности гороха на изучаемых вариантах опыта (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность новых сортов гороха в зависимости от разных факторов

В т/га

Table 2 – Productivity of new pea varieties depending on various factors

In t/ha

Фон питания	Срок сева	Способ основной обработки почвы, год									Фактор В
		Вспашка (контроль)			Комбинированная			Чизелевание			
		2022 г.	2023 г.	Среднее	2022 г.	2023 г.	Среднее	2022 г.	2023 г.	Среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сорт Донец											
Без удобрений (контроль)	1	1,84	2,52	2,18	1,72	2,38	2,05	1,74	2,39	2,07	2,10
	2	1,72	2,37	2,05	1,60	2,24	1,92	1,62	2,26	1,94	1,97
N ₁₅	1	1,90	2,61	2,26	1,78	2,47	2,13	1,77	2,48	2,13	2,17
	2	1,79	2,42	2,11	1,66	2,29	1,98	1,65	2,32	1,99	2,02
P ₄₀ K ₄₀	1	2,21	3,10	2,66	2,10	2,96	2,53	2,09	3,01	2,55	2,58
	2	2,07	2,87	2,47	1,96	2,74	2,35	1,97	2,78	2,38	2,40
P ₈₀ K ₈₀	1	2,54	3,57	3,06	2,36	3,35	2,86	2,39	3,41	2,90	2,94
	2	2,38	3,30	2,84	2,19	3,12	2,66	2,22	3,14	2,68	2,73
N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀	1	2,25	3,32	2,79	2,09	3,12	2,61	2,11	3,17	2,64	2,68
	2	2,11	3,18	2,65	1,95	3,01	2,48	1,98	3,05	2,52	2,55
N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀	1	2,58	3,72	3,15	2,40	3,48	2,94	2,45	3,53	2,99	3,03
	2	2,42	3,53	2,98	2,23	3,33	2,78	2,28	3,39	2,84	2,86

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Фактор А	1	2,22	3,14	2,68	2,08	2,96	2,52	2,09	3,00	2,55	2,58
	2	2,08	2,95	2,52	1,93	2,79	2,36	1,95	2,82	2,39	2,42
2022 г.: общая НСР ₀₅ = 0,17 т/га; факторы: А: НСР ₀₅ – 0,07 т/га; В: НСР ₀₅ – 0,10 т/га. 2023 г.: общая НСР ₀₅ = 0,21 т/га; факторы: А: НСР ₀₅ – 0,09 т/га; В: НСР ₀₅ – 0,11 т/га.											
Сорт Амулет											
Без удобрений (контроль)	1	1,76	2,03	1,90	1,68	1,95	1,82	1,70	1,98	1,84	1,85
	2	1,64	1,92	1,78	1,58	1,82	1,70	1,55	1,83	1,69	1,72
N ₁₅	1	1,80	2,07	1,94	1,71	1,96	1,84	1,72	2,00	1,86	1,88
	2	1,68	1,96	1,82	1,59	1,86	1,73	1,61	1,87	1,74	1,76
P ₄₀ K ₄₀	1	2,11	2,42	2,27	2,02	2,28	2,15	2,05	2,34	2,20	2,20
	2	1,96	2,27	2,12	1,86	2,17	2,02	1,85	2,19	2,02	2,05
P ₈₀ K ₈₀	1	2,43	2,78	2,61	2,31	2,63	2,47	2,35	2,68	2,52	2,53
	2	2,24	2,61	2,43	2,08	2,47	2,28	2,11	2,48	2,30	2,33
N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀	1	2,07	2,59	2,33	1,95	2,45	2,20	1,98	2,50	2,24	2,26
	2	1,90	2,43	2,17	1,76	2,31	2,04	1,80	2,32	2,06	2,09
N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀	1	2,38	2,91	2,65	2,23	2,75	2,49	2,28	2,81	2,55	2,56
	2	2,21	2,73	2,47	2,07	2,58	2,33	2,11	2,61	2,36	2,39
Средняя, фактор А	1	2,09	2,47	2,28	1,98	2,34	2,16	2,01	2,39	2,20	2,21
	2	1,94	2,32	2,13	1,82	2,20	2,02	1,84	2,22	2,03	2,06
2022 г.: общая НСР ₀₅ = 0,16 т/га; факторы: А: НСР ₀₅ – 0,07 т/га; В: НСР ₀₅ – 0,09 т/га. 2023 г.: общая НСР ₀₅ = 0,19 т/га; факторы: А: НСР ₀₅ – 0,08 т/га; В: НСР ₀₅ – 0,10 т/га.											

Из приведенных данных просматриваются значительные отличия показателей урожайности в разные годы исследований по сорту Донец. Так, на вариантах со вспашкой при 1-м сроке сева, независимо от фона минерального питания, средняя урожайность в 2023 г. составила 3,14 т/га, а в 2022 г. – 2,22 т/га. Соответствующая разница показателей по годам исследований достигла 0,92 т/га, или 41,4 %. Аналогичные отличия при 2-м сроке сева были на уровне 0,87 т/га или 41,8 %. Такая же тенденция изменения урожайности по годам отмечена и на других вариантах по сорту Донец. При возделывании сорта Амулет разница средней урожайности гороха по годам на указанных вариантах была значительно меньшей, не превысив 18,2–19,6 %.

Лучшая урожайность зерна получена в 2023 г. на варианте со вспашкой, фоном питания $N_{30}P_{80}K_{80}$ при 1-м сроке сева, составив по сорту Донец 3,72 т/га, сорту Амулет – 2,91 т/га. Отличия этих показателей от данных, полученных при норме удобрений $P_{80}K_{80}$, составили по сорту Донец 0,15 т/га (4,0 %), сорту Амулет – 0,13 т/га (4,5 %).

Более высокая урожайность зерна получена на вариантах 1-го срока сева независимо от фона минерального питания при всех способах основной обработки. У сорта Донец это превышение составило 6,3–6,8 %, по сравнению с показателями 2-го срока сева. Аналогичная прибавка по сорту Амулет была в пределах 6,9–8,4 %.

На вариантах комбинированной обработки отмечено снижение урожайности гороха, по сравнению со вспашкой, которое, независимо от фона удобрений, составило у сорта Донец по 1-му и 2-му срокам сева от 6,0 до 6,3 % (фактор А). После чизельной основной обработки аналогичные снижения были несколько меньше, не превысив 4,9–5,2 %. У сорта Амулет такие же снижения урожайности на вариантах комбинированной и чизельной обработок составили 5,2–5,3 % и 3,5–4,7 %, по сравнению со вспашкой, взятой за контроль.

Более наглядное влияние на изменение урожайности гороха по вариантам опыта, независимо от способов основной обработки почвы, оказали разные нормы внесенных удобрений (фактор В). Минимальное влияние на изменение урожайности отмечено лишь на варианте с дозой N_{15} , где прибавка, по сравнению с контролем, при разных сроках посева не превысила по сорту Донец 2,5–3,3 %, сорту Амулет – 1,6–2,3 %. Норма удобрений $P_{40}K_{40}$ давала возможность увеличить выход продукции сорта Донец на 0,43–0,48 т/га (21,8–22,9 %), сорта Амулет – на 0,33–0,35 т/га (18,9–19,2 %), в сравнении с условиями естественного плодородия. При интенсификации фосфорно-калийной нормы до $P_{80}K_{80}$ наблюдался прирост урожайности сорта Донец на 0,76–0,84 т/га, или на 38,6–40,0 %, сорта Амулет на

0,61–0,68 т/га, или на 35,5–36,7 %, по сравнению с контролем. Вариант с фоном удобрений $N_{15}P_{40}K_{40}$ способствовал получению аналогичных прибавок на сортах гороха Донец 0,58 т/га (27,6–29,4 %), Амулет – 0,37–0,41 т/га (21,5–22,2 %). Самая высокая средняя урожайность гороха по фактору В обеспечивалась нормой удобрений $N_{30}P_{80}K_{80}$, составив при разных сроках сева у сорта Донец 3,03 и 2,86 т/га, у сорта Амулет 2,56 и 2,39 т/га. При этом прибавки урожайности достигли соответственно 0,89–0,93 т/га, или 44,3–45,2 %, и 0,67–0,71 т/га, что составляет 38,3–38,9 %, по сравнению с контролем. Следует отметить, что разница в показателях средней урожайности между вариантами с фонами питания $P_{80}K_{80}$ и $N_{30}P_{80}K_{80}$ не превышала у сорта Донец 0,09–0,13 т/га, Амулет – 0,03–0,06 т/га.

Элементы водного баланса гороха (осадки X , расход влаги из почвы ΔW в слое 1 м, суммарное водопотребление E) в годы наблюдений имели значительные отличия, что характерно при возделывании сельскохозяйственных культур в богарных условиях в зоне недостаточного увлажнения [19]. Эти отличия оказали влияние на показатели урожайности ($У$) и эффективности использования влаги (коэффициент водопотребления K_v) горохом. Грунтовые воды как элемент водного баланса культуры не учитывались, так как залежали на глубине более 4 м.

Изучаемые новые сорта гороха по своим биологическим свойствам, продолжительности вегетации, срокам наступления основных фаз развития и большинству других показателей имели минимальные отличия. Наиболее характерны особенности водопотребления культуры на примере сорта Донец с фоном минерального питания $N_{30}P_{80}K_{80}$ при разных способах основной обработки почвы (таблица 3).

Вегетационные периоды гороха в годы исследований и при разных сроках сева имели заметные отличия по соотношению элементов водного баланса. В 2022 г. доля осадков в суммарном водопотреблении культуры на варианте 1-го срока сева, независимо от способа основной обработки

почвы, составила 838 м³/га, или 39,8–41,3 %. Расход воды из почвы при этом был в пределах 1190–1270 м³/га, что равнялось 58,7–60,2 %. Эти же элементы водного баланса в условиях 2-го срока сева имели некоторые отличия, составив 768 м³/га (38,4–39,9 %) и 1155–1231 м³/га (60,1–61,6 %). В 2023 г. среди элементов водного баланса приоритет принадлежал атмосферным осадкам, которые составили в условиях 1-го срока сева 2242 м³/га, или 71,0–73,4 %, 2-го срока – 2030 м³/га, или 68,3–70,7 %. Доля расхода воды из почвы при этом не превысила в 1-й срок сева 811–916 м³/га (26,6 %), во 2-й срок – 843–944 м³/га (29,3–31,7 %).

Таблица 3 – Водный баланс сорта гороха Донец, 2022–2023 гг.

Table 3 – Water balance of the Donets pea variety, 2022–2023

Способ основной обработки	Год	ΔW , м ³ /га	X , м ³ /га	E , м ³ /га	$У$, т	$Кв$, м ³ /т
1-й срок сева						
Вспашка	2022	1190	838	2028	2,58	786
	2023	811	2242	3053	3,72	821
Комбинированный	2022	1270	838	2108	2,40	878
	2023	916	2242	3158	3,48	907
Чизельный	2022	1210	838	2048	2,45	836
	2023	893	2242	3135	3,53	888
2-й срок сева						
Вспашка	2022	1155	768	1923	2,42	795
	2023	843	2030	2873	3,53	814
Комбинированный	2022	1231	768	1999	2,23	896
	2023	944	2030	2974	3,33	893
Чизельный	2022	1173	768	1941	2,28	851
	2023	919	2030	2949	3,39	870

Следует отметить, что урожайность гороха в 2023 г. была выше, по сравнению с данными 2022 г., независимо от сроков сева: по вспашке на 1,14 т/га (44,2 %) и 1,11 т/га (45,9 %), комбинированной обработке – на 1,08 т/га (45,0 %) и 1,10 т/га (49,3 %), чизельной обработке – на 1,08 т/га (44,1%) и 1,11 т/га (48,7 %). Однако более низкие коэффициенты водопотребления гороха получены на вариантах опыта в 2022 г. Лучший показатель при этом наблюдался на вспашке при 1-м сроке сева – 786 м³/т. Наиболее рациональное использование влаги на получение единицы про-

дукции отмечено при вспашке, составив, в среднем за годы исследований, при 1-м и 2-м сроках сева 804 м³/т.

Аналогичные данные получены и на других вариантах изучаемых сортов гороха.

Выводы. Более высокая урожайность зерна получена на вариантах 1-го срока сева, независимо от фона минерального питания, а соответствующая прибавка урожайности составила у сортов Донец 6,3–6,8 %, Амулет – 6,9–8,4 %, по сравнению с показателями 2-го срока сева.

На вариантах комбинированной и чизельной обработок отмечено снижение урожайности гороха, которое, независимо от фона удобрений и сроков сева, в среднем составило у сортов Донец и Амулет соответственно 6,0–6,3 и 5,2–5,3; 4,9–5,2 и 3,5–4,7 %, по сравнению со вспашкой.

Самая высокая урожайность гороха по фактору В обеспечивалась нормой удобрений N₃₀P₈₀K₈₀, составив при разных сроках сева у сортов Донец 3,03 и 2,86 т/га, Амулет – 2,56 и 2,39 т/га. Прибавки урожайности достигли соответственно 0,89–0,93 т/га (44,3–45,2 %) и 0,67–0,71 т/га (38,3–38,9 %), по сравнению с контролем. Однако разница в показателях урожайности между вариантами P₈₀K₈₀ и N₃₀P₈₀K₈₀ не превышала у сорта Донец 0,09–0,13 т/га, Амулет – 0,03–0,06 т/га.

Лучшая урожайность зерна получена на варианте со вспашкой, фонном питания N₃₀P₈₀K₈₀ при 1-м сроке сева в 2023 г., составив по сорту Донец 3,72 т/га, сорту Амулет – 2,91 т/га. В этих условиях отмечен и самый низкий коэффициент водопотребления гороха – 804 м³/т.

Список источников

1. Савельев В. А. Горох: монография. Саратов: Вуз. образование, 2018. 231 с. <https://doi.org/10.23682/75041>.
2. Мухаметова З. С., Тарасенко Н. А., Минасуева А. А. Горох – перспективная бобовая культура для производства продуктов питания // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ» [Электронный ресурс]. 2019. № S9. С. 225–233. URL: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0071/3596.pdf> (дата обращения: 17.07.2024). EDN: ZFGPPV.
3. Сорта полевых культур (каталог) / сост.: А. И. Клименко, А. И. Грабовец,

А. В. Гринько, М. А. Фоменко, А. В. Крохмаль, В. П. Кадушкина, Н. А. Коробова, К. Н. Бирюков; ФГБНУ ФРАНЦ. Ростов н/Д., 2023. 204 с. DOI: 10.34924/FRARC.2023.26.57.001. EDN: TSYGXC.

4. Кожухова Е. В., Новиков В. В. Реакция образцов гороха на ранние и поздние сроки сева // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2023. № 3(72). С. 20–26. DOI: 10.34655/bgsha.2023.72.3.002. EDN: FEFRDP.

5. Агрометеорологические условия вегетационного периода и продуктивность гороха: меры адаптации / К. А. Акшалов, С. С. Байшоланов, М. Б. Кужинов, М. К. Сулейменов, О. Н. Баймуканова, Б. Жумабек // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. 2023. № 4(119). С. 19–34. doi.org/10.51452/kazatu.2023.4(119).1536. EDN: ZFFDCR.

6. Влияние экологических условий на урожайность зернобобовых культур / В. И. Мазалов, М. М. Донской, Н. Г. Хмызова, В. Е. Ушакова // Актуальные направления роста эффективности возделывания зернобобовых культур: материалы Всерос. (Нац.) науч.-практ. онлайн конф. Орел, 2022. С. 62–67. EDN: WDCVEF.

7. Влияние технологии возделывания на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А. Н. Джандаров, Р. Г. Гаджимаров, Н. А. Горшкова, В. К. Дридигер // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59, № 1. С. 20–26. DOI: 10.54258/20701047_2022_59_1_20. EDN: TPENTH.

8. Medvedev E. V. The impact of soil cultivation methods and fertilizers on the soil fertility performance and crop yields under the conditions on the northern part on the Donetsk Highland // Grain Crops. 2018. Vol. 2, № 2. P. 314–323. DOI: 10.31867/2523-4544/0042. EDN: AATYNN.

9. Цыгуткин А. С., Логвинов И. В. Использование регрессионного анализа для изучения влияния удобрений и способов основной обработки почвы на урожайность гороха // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 5. С. 61–66. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_5_61. EDN: ARMWOM.

10. Камбулов С. И., Семенихина Ю. А., Демина Е. Б. Влияние основных приемов обработки почвы на продуктивность гороха // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 82–88. https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-82-88. EDN: KPMVLR.

11. Минимизация основной обработки почвы в условиях Курской области / Е. В. Дубовик, Д. В. Дубовик, А. Н. Морозов, А. В. Шумаков // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 8. С. 49–54. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_8_49. EDN: ХКВВNT.

12. Кутилкин В. Г. Влагообеспеченность и водопотребление гороха в зависимости от основной обработки почвы // Современные научные исследования в АПК: актуальные вопросы, достижения и инновации: материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Персиановский, 2022. С. 80–85.

13. Целуйко О. А., Парамонов А. В. Влияние длительного применения удобрений на урожайность гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4. С. 46–51. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11131. EDN: JZUFTR.

14. Федюшкин А. В., Пасько С. В. Эффективность возделывания гороха Премьер в зависимости от вносимых минеральных удобрений и норм высева // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 2. С. 212–227. URL: https://rosniipm-sm.ru/article?n=1364 (дата обращения: 17.07.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-212-227. EDN: CVCWZC.

15. Усенко С. В., Усенко В. И. Реакция гороха на условия увлажнения, приемы основной обработки почвы, минеральные удобрения и средства защиты растений // До-

стижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 11. С. 14–17. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11103. EDN: YTALML.

16. Киселева Т. С., Краснова Е. А. Влияние основной обработки почвы на всхожесть и сохранность зернобобовых культур // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 4(75). С. 52–56. EDN: OMQJOS.

17. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность новых сортов гороха в богарных условиях Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 8. С. 14–19. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_8_14. EDN: LHVZGX.

18. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы / А. И. Клименко [и др.]. Ростов н/Д.: М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл., 2022. 734 с. EDN: GHQGWS.

19. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние приемов возделывания на урожайность и водопотребление подсолнечника в условиях Ростовской области // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 4. С. 295–313. URL: <https://rosnii-pp-sm.ru/article?n=1411> (дата обращения: 17.07.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-295-313. EDN: ORWNSZ.

References

1. Saveliev V.A., 2018. *Gorokh: monographiya* [Peas: monograph]. Saratov, Higher Education Publ., 231 p., <https://doi.org/10.23682/75041>. (In Russian).

2. Mukhametova Z.S., Tarasenko N.A., Minasueva A.A., 2019. [Pea as a prosperous crop for food production]. *Elektronnyy setevoj politematicheskij zhurnal "Nauchnye trudy KubGTU"*, no. S9, pp. 225-233, available: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0071/3596.pdf> [accessed 17.07.2024], EDN: ZFGPPV. (In Russian).

3. Klimenko A.I., Grabovets A.I., Grin'ko A.V., Fomenko M.A., Krokhmal A.V., Kadushkina V.P., Korobova N.A., Biryukov K.N., 2023. *Sorta polevykh kul'tur (katalog)* [Field Crop Varieties (catalog)]. FSBSI FRARC, Rostov-on-Don, 204 p., DOI: 10.34924/FRARC.2023.26.57.001, EDN: TSYGXC. (In Russian).

4. Kozhukhova E.V., Novikov V.V., 2023. *Reaktsiya obraztsov gorokha na rannie i pozdnie sroki seva* [Reaction of seed pea samples to early and late sowing periods]. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V. R. Filippova* [Bulletin of V. R. Filippov Buryat State Agricultural Academy], no. 3(72), pp. 20-26, DOI: 10.34655/bgsha.2023.72.3.002, EDN: FEFRDP. (In Russian).

5. Akshalov K.A., Baysholanov S.S., Kuzhinov M.B., Suleimenov M.K., Baimukanova O.N., Zhumabek B., 2023. *Agrometeorologicheskie usloviya vegetatsionnogo perioda i produktivnost' gorokha: mery adaptatsii* [Agrometeorological conditions of the vegetation season and pea productivity: adaptation measures]. *Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Seyfullina* [Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University], no. 4(119), pp. 19-34, [doi.org/10.51452/kazatu.2023.4\(119\).1536](https://doi.org/10.51452/kazatu.2023.4(119).1536), EDN: ZFFDCR. (In Russian).

6. Mazalov V.I., Donskoy M.M., Khmyzova N.G., Ushakova V.E., 2022. *Vliyanie ekologicheskikh usloviy na urozhaynost' zernobobovykh kul'tur* [The influence of environmental conditions on the yield of grain legumes]. *Aktual'nye napravleniya rosta effektivnosti vozdeleyvaniya zernobobovykh kul'tur: materialy Vserossiyskoy (Nats.) nauchno-prakticheskoy online konferentsii* [Current Directions for Increasing the Efficiency of Grain Legume Cultivation: Proc. of the All-Russian (National) Scientific and Practical Online Conference]. Orel, pp. 62-67, EDN: WDCVEF. (In Russian).

7. Dzhandarov A.N., Gadzhumarov R.G., Gorshkova N.A., Dridiger V.K., 2022. *Vliyanie tekhnologii vozdeleyvaniya na urozhaynost' i ekonomicheskuyu effektivnost' vozde-*

lyvaniya gorokha v zone neustoychivogo uvlazhneniya Stavropol'skogo kraya [Influence of cultivation technology on the yield capacity and economic efficiency of pea cultivation in the zone of unstable moisture in the Stavropol Territory]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Gorsky State Agrarian University], vol. 59, no. 1, pp. 20-26, DOI: 10.54258/20701047_2022_59_1_20, EDN: TPENTH. (In Russian).

8. Medvedev E.B., 2018. The impact of soil cultivation methods and fertilizers on the soil fertility performance and crop yields under the conditions on the northern part on the Donetsk Highland. *Grain Crops*, vol. 2, no. 2, pp. 314-323, DOI: 10.31867/2523-4544/0042, EDN: AATYNN.

9. Tsygutkin A.S., Logvinov I.V., 2022. *Ispol'zovanie regressionnogo analiza dlya izucheniya vliyaniya udobreniy i sposobov osnovnoy obrabotki pochvy na urozhaynost' gorokha* [Using regression analysis to study the effect of fertilizers and basic tillage methods on pea yield]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], vol. 36, no. 5, pp. 61-66, DOI: 10.53859/02352451_2022_36_5_61, EDN: ARMWOM. (In Russian).

10. Kambulov S.I., Semenikhina Yu.A., Demina E.B., 2022. *Vliyanie osnovnykh priemov obrabotki pochvy na produktivnost' gorokha* [The effect of primary tillage methods on pea productivity]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* [Grain Economy of Russia], vol. 14, no. 3, pp. 82-88, <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-82-88>, EDN: KPMVLR. (In Russian).

11. Dubovik E.V., Dubovik D.V., Morozov A.N., Shumakov A.V., 2022. *Minimizatsiya osnovnoy obrabotki pochvy v usloviyakh Kurskoy oblasti* [Primary tillage minimization under the conditions of Kursk region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex], vol. 36, no. 8, pp. 49-54, DOI: 10.53859/02352451_2022_36_8_49, EDN: XKBVNT. (In Russian).

12. Kutilkin V.G., 2022. *Vlagoobespechennost' i vodopotrebleniye gorokha v zavisimosti ot osnovnoy obrabotki pochvy* [Moisture supply and water consumption of peas depending on primary tillage]. *Sovremennyye nauchnye issledovaniya v APK: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii: materialy vserossiyskoy (nats.) nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern Scientific Research in the Agro-Industrial Complex: Topical Issues, Achievements and Innovations: Proc. of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference]. Persianovskiy, pp. 80-85. (In Russian).

13. Tseluiko O.A., Paramonov A.V., 2019. *Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobreniy na urozhaynost' gorokha* [Effect of long-term application of fertilizers on pea yield]. *Zernobovyye i krupyanye kul'tury* [Legumes and Groat Crops], no. 4, pp. 46-51, DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11131, EDN: JZUFTR. (In Russian).

14. Fedyushkin A.V., Pas'ko S.V., 2023. [Efficiency of peas Premier cultivation depending on applied mineral fertilizers and sowing rates]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 2, pp. 212-227, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1364> [accessed 17.07.2024], DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-212-227, EDN: CVCWZC. (In Russian).

15. Usenko S.V., Usenko V.I., 2018. *Reaktsiya gorokha na usloviya uvlazhneniya, priemy osnovnoy obrabotki pochvy, mineral'nye udobreniya i sredstva zashchity rasteniy* [Response of pea on moistening, soil tillage methods, mineral fertilizers, and plant protection means]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], vol. 32, no. 11, pp. 14-17, DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11103, EDN: YTALML. (In Russian).

16. Kiseleva T.S., Krasnova E.A., 2023. *Vliyanie osnovnoy obrabotki pochvy na vskhozhest' i sokhrannost' zernobovovykh kul'tur* [Influence of primary tillage on the germination and survival of grain legumes]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Michurinsk State Agrarian University], no. 4(75), pp. 52-56, EDN: OMQJOS. (In Russian).

17. Voshedskiy N.N., Kulygin V.A., 2021. *Vliyanie elementov tekhnologii vozde-lyvaniya na urozhaynost' novykh sortov gorokha v bogarnykh usloviyakh Rostovskoy oblasti* [Influence of cultivation technology elements on yield of new pea varieties under rainfed conditions of Rostov region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], vol. 35, no. 8, pp. 14-19, DOI: 10.53859/02352451_2021_35_8_14, EDN: LHVZGX. (In Russian).

18. Klimenko A.I. [et al.], 2022. *Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoy oblasti na 2022–2026 gody* [Zonal Farming Systems of Rostov Region for 2022–2026]. Rostov-on-Don, Ministry of Agriculture and Food of Rostov region, 734 p., EDN: GHQGS. (In Russian).

19. Voshedskiy N.N., Kulygin V.A., 2023. [The impact of tillage methods on yield and water consumption of sunflower in Rostov region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 4, pp. 295-313, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1411> [accessed 17.07.2024], DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-295-313, EDN: ORWNSZ. (In Russian).

Информация об авторах

Н. Н. Вошедский – заведующий отделом земледелия и растениеводства, заведующий лабораторией биологии растений, агрохимии и сортовой агротехники, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация, dzni-szr@mail.ru;

В. А. Кулыгин – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация, kulygin-vladimir@rambler.ru.

Information about the authors

N. N. Voshedskiy – Head of the Department of Agriculture and Crop Production, Head of the Laboratory of Plant Biology, Agrochemistry and Varietal Agrotechnics, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation, dzni-szr@mail.ru;

V. A. Kulygin – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation, kulygin-vladimir@rambler.ru.

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 04.06.2024; одобрена после рецензирования 07.08.2024; принята к публикации 12.08.2024.

The article was submitted 04.06.2024; approved after reviewing 07.08.2024; accepted for publication 12.08.2024.