

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 633.358:631.816.1:631.53.048

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-212-227

Эффективность возделывания гороха Премьер в зависимости от вносимых минеральных удобрений и норм посева

Андрей Владимирович Федюшкин¹, Сергей Валентинович Пасько²

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

¹andrey.v.f@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4130-0638>

²pasko_s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2504-3448>

Аннотация. Цель: изучить эффективность возделывания гороха сорта Премьер на черноземе обыкновенном в зависимости от минеральных удобрений и норм посева семян. **Материалы и методы.** Опыт заложен на полях отдела земледелия и растениеводства Федерального Ростовского аграрного научного центра. Объекты исследований – элементы продуктивности гороха, урожайность и содержание белка в зерне в зависимости от вносимых туков и нормы высева. Статистический анализ данных, учеты и наблюдения проводились по методике Б. А. Доспехова. **Результаты.** На элементы продуктивности гороха оказывает влияние норма посева. Увеличение нормы до 1,2 млн шт./га приводит к достоверному сокращению числа формируемых бобов, количества семян в бобе и снижению массы зерна. Удобрения не оказывали значимого влияния на элементы продуктивности. Внесение фосфорных и калийных удобрений приводит к существенному повышению урожайности гороха. Совместное внесение азота, фосфора и калия приводит к значимому повышению урожайности при высеве 1,0 и 1,2 млн семян на 1 га. Азотные удобрения не оказывают существенного влияния на урожай гороха. Внесение туков способствует повышению содержания белка в зерне. Максимум был получен в варианте №6, составив 24,8 %. Отзывчивость гороха на вносимые туки зависит от нормы высева. При оптимальной норме 1,2 млн шт./га наивысшая окупаемость получена в варианте с внесением 20 кг д. в. фосфора и калия, составив 7,7 кг/кг д. в. **Выводы.** Наилучшие результаты получены при высеве 1,2 млн семян на 1 га, что предоставляет возможность получить наибольший условный чистый доход при высокой рентабельности производства. Максимальный условный чистый доход 41,7 тыс. руб./га наблюдался в варианте Р₄₀К₄₀, при этом рентабельность производства составила 139,39 %, себестоимость произведенной продукции 12,5 тыс. руб./т.

Ключевые слова: горох, сорт, минеральные удобрения, элементы продуктивности, урожайность, белок, экономическая эффективность

Для цитирования: Федюшкин А. В., Пасько С. В. Эффективность возделывания гороха Премьер в зависимости от вносимых минеральных удобрений и норм посева // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 2. С. 212–227. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-212-227>.

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

Efficiency of peas Premier cultivation depending on applied mineral fertilizers and sowing rates

Andrey V. Fedyushkin¹, Sergey V. Pasko²

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

¹andrey.v.f@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4130-0638>

²pasko_s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2504-3448>

Abstract. Purpose: to study the efficiency of cultivation of the variety Premier peas on ordinary chernozem, depending on mineral fertilizers and seed sowing rates. **Materials and methods.** The experience was laid on the fields of the Department of Agriculture and Crop Production of Federal Rostov Agricultural Research Centre. The objects of research are the elements of pea productivity, yield and protein content in grain, depending on the fertilizers applied and the seeding rate. Statistical analysis of data, records and observations were carried out according to the method of B. A. Dospekhov. **Results.** The sowing rate influences the elements of pea productivity. An increase in the rate to 1.2 million seeds/ha leads to a significant reduction in the number of formed beans, the number of seeds in a bean, and a decrease in grain weight. Fertilizers did not have a significant effect on the elements of productivity. The introduction of phosphorus and potash fertilizers leads to a significant increase in the yield of peas. The combined application of nitrogen, phosphorus and potassium leads to a significant increase in yield when sown 1.0 and 1.2 million seeds/ha. Nitrogen fertilizers do not have a significant impact on the yield of peas. The fertilizers application helps to increase the protein content in the grain. The maximum was obtained in the N₆₀ variant, amounting to 24.8 %. The responsiveness of peas to introduced fertilizers depends on the seeding rate. At the optimal rate of 1.2 million seeds/ha, the highest payback was obtained in the variant with the introduction of 20 kg of a. i. phosphorus and potassium, amounting to 7.7 kg/kg a. i. **Conclusions.** The best results were obtained when sowing 1.2 million seeds/ha, which provides an opportunity to get the highest conditional net income with high profitability of production. The maximum conditional net income of 41.7 thousand rubles/ha was observed in the option P₄₀K₄₀, while the profitability of production was 139.39 %, the cost of production was 12.5 thousand rubles/t.

Keywords: peas, variety, mineral fertilizers, productivity elements, productivity, protein, economic efficiency

For citation: Fedyushkin A. V., Pasko S. V. Efficiency of peas Premier cultivation depending on applied mineral fertilizers and sowing rates. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(2):212–227. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-212-227>.

Введение. Горох (*Pisum sativum* L.) является экономически важной зернобобовой культурой. Как правило, бобовые, включая горох, считаются функциональными продуктами питания, поскольку их семенная оболочка и семядоли содержат биологически активные соединения [1, 2]. Семена гороха являются богатым источником фенольных соединений, дубильных веществ и флавоноидов, а также обладают антиоксидантной активностью, способствующей укреплению здоровья [2, 3].

Горох – самая распространенная в РФ зернобобовая культура, площадь выращивания в стране к 2020 г. достигла 1353,7 тыс. га [4]. Однако

урожайность гороха при постоянно увеличивающихся площадях возделывания все еще остается довольно низкой. Причинами являются в том числе отсутствие сортов гороха, имеющих высокую урожайность и приспособленных к определенным почвенно-климатическим условиям, недостаточная разработанность технологий для конкретных условий возделывания, медленное внедрение в производство достижений современной науки [4, 5].

Одно из основных средств повышения урожайности зернобобовых культур – применение минеральных удобрений [3–6]. Растения гороха нуждаются в азоте и фосфоре для своего оптимального роста и развития, а их доступность играет ключевую роль в накоплении фенольных соединений в тканях растений, а также определяет их антиоксидантный статус [1–3].

Цель исследований – изучить продуктивность гороха Премьер при возделывании на черноземе обыкновенном в зависимости от вносимых минеральных туков и норм посева семян.

Материалы и методы. Опыт заложен на полях отдела земледелия и растениеводства ФГБНУ ФРАНЦ в 2019–2021 гг. В опыте изучался сорт гороха Премьер селекции ФГБНУ ФРАНЦ. Для проведения исследований был заложен опыт по следующей схеме.

Удобрения (фактор А): 1) контроль (без удобрений); 2) 20 кг д. в. азота; 3) 30 кг д. в. азота; 4) 60 кг д. в. азота; 5) 20 кг д. в. фосфора и калия; 6) 40 кг д. в. фосфора и калия; 7) 20 кг д. в. азота, фосфора и калия; 8) 30 кг д. в. азота и 20 кг д. в. фосфора и калия; 9) 60 кг д. в. азота и 20 кг д. в. фосфора и калия; 10) 20 кг д. в. азота, 40 кг д. в. фосфора и калия; 11) 30 кг д. в. азота и 40 кг д. в. фосфора и калия; 12) 60 кг д. в. азота и 40 кг д. в. фосфора и калия.

Норма посева (фактор В), миллионов чистых и всхожих семян на 1 га:

I. 0,8;

II. 1,0;

III. 1,2.

Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным кратковременно промерзающим. Гранулометрический состав тяжелосуглинистый, местами легкоглинистый. Содержание гумуса (по И. В. Тюри-ну в модификации С. Н. Симакова) – 3,6–4,0 % [7, 8]. Содержание валового азота – 0,22–0,24 % (ГОСТ Р 58596-2019), общего фосфора – 0,17–0,18 %, калия – 2,3–2,4 % (ГОСТ 26261-84), минерального азота и подвижного фосфора (по Мачигину) – низкое, обменного калия (по Мачигину) – повышенное [7, 8]. Закладка опыта, учеты, наблюдения и статистический анализ результатов исследований проводились по Б. А. Доспехову [9]. Экономическая эффективность полученных результатов оценивалась по методикам Всероссийского научно-исследовательского института экономики сельского хозяйства [10].

Результаты и обсуждение. Проведенный анализ элементов продуктивности выявил существенные различия по вариантам опыта у изучаемых сортов гороха (таблица 1).

Таблица 1 – Элементы продуктивности гороха Премьер

Table 1 – Productivity elements of peas Premier

Вариант	Количество бобов, шт./растение			Количество семян в бобе, шт.			Масса 1000 зерен, г		
	I*	II*	III*	I	II	III	I	II	III
Б/у	6,9	5,9	6,0	2,7	2,6	2,6	217,4	225,0	229,2
N ₂₀	6,7	6,3	7,4	2,8	2,5	2,3	219,1	226,8	225,0
N ₃₀	6,8	6,0	6,0	2,6	2,7	2,6	218,6	220,7	230,9
N ₆₀	6,7	5,8	5,8	2,7	2,7	2,7	218,9	214,3	223,4
P ₂₀ K ₂₀	7,4	6,9	6,7	2,8	2,5	2,5	219,6	219,6	229,3
P ₄₀ K ₄₀	7,6	7,2	6,3	2,7	2,4	2,7	219,6	218,6	231,1
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	7,3	6,9	7,0	2,7	2,5	2,5	217,6	235,9	225,1
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	7,5	6,4	6,5	2,6	2,7	2,6	222,1	220,8	230,7
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	6,6	6,5	6,9	2,6	2,6	2,5	221,5	218,6	225,1
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	7,0	7,7	6,1	2,9	2,4	2,8	218,6	221,7	227,5
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	6,8	6,8	6,6	2,7	2,5	2,6	223,1	223,9	234,5
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	7,1	7,0	6,1	2,5	2,4	2,7	220,3	220,9	233,3
	HCP ₀₅ = 0,6; HCP ₀₅ A = = 0,5; HCP ₀₅ B = 0,2			HCP ₀₅ = 0,2; HCP ₀₅ A = = 0,1; HCP ₀₅ B = 0,1			HCP ₀₅ = 5,2; HCP ₀₅ A = = 4,3; HCP ₀₅ B = 2,1		
*Примечание – I – норма посева 0,8 млн шт./га; II – норма посева 1,0 млн шт./га; III – норма посева 1,2 млн шт./га.									

Математическая обработка данных показала, что у гороха сорта Премьер внесение минеральных удобрений на количество бобов на растении значимого влияния не оказало. При норме I достоверно выше контроля данный показатель наблюдался в вариантах с внесением $P_{40}K_{40}$ и $N_{30}P_{20}K_{20}$, составив 7,6 и 7,5 шт./растение соответственно (таблица 1). Проведенный корреляционный анализ также не выявил взаимосвязи между вносимыми туками и числом бобов ($r = 0,078$).

Нормы посева оказывали значимое влияние на формирование бобов на растениях гороха. На фоне нормы II происходило существенное снижение данного показателя по вариантам опыта за исключением варианта $N_{20}P_{40}K_{40}$, где количество бобов было значительно выше. Достоверное увеличение числа бобов на растении по сравнению с контролем наблюдалось в большинстве вариантов с удобрениями, за исключением вариантов с внесением только азотных удобрений, установлена средняя прямая зависимость изучаемых вариантов опыта ($r = 0,610$).

Увеличение до 1,2 млн шт. (вариант III) также приводило к снижению количества формируемых на растении бобов, что было связано с увеличением густоты стояния растений, параметр составил по вариантам опыта 5,8–7,4 шт./растение. Существенно выше контроля данный показатель был в вариантах с применением 20 кг д. в. азота, $P_{20}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{20}$, $N_{60}P_{20}K_{20}$ и $N_{30}P_{40}K_{40}$. Корреляционный анализ показал отсутствие связи между числом бобов на растении гороха и изучаемыми дозировками минеральных удобрений ($r = -0,098$).

Как показала математическая обработка данных, внесение минеральных туков не оказывало значимого влияния на формирование количества семян в бобе гороха. При норме I растения гороха формируют от 2,7 шт. на контроле до 2,9 шт. семян/боб в вариантах с удобрениями. Достоверно выше контроля данный показатель при нормах I и III наблюдался при внесении 20 кг д. в. азота и 40 кг д. в. фосфора и калия, при норме II суще-

ственного увеличения количества семян не наблюдалось. Проведенный анализ корреляционной связи между вносимыми туками и количеством семян в бобе при изучаемых нормах высева выявил слабую отрицательную связь в вариантах I и II ($r = -0,313$ и $r = -0,453$) и прямую слабую связь в варианте III ($r = 0,486$).

Нормы посева оказывали значимое влияние на формирование количества семян в бобе гороха Премьер. Отмечалось, что при увеличении нормы высева в вариантах N_{20} , $P_{20}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{20}$ и $N_{30}P_{40}K_{40}$ происходило существенное снижение количества семян в бобе. По остальным вариантам значимых различий отмечено не было.

Внесение минеральных удобрений не приводит к значительному изменению массы зерна гороха. Изменение массы 1000 зерен при норме I носило следующий характер. На контроле данный показатель составил 217,4 г. Внесение туков приводило к значимому повышению массы зерна в вариантах $N_{30}P_{20}K_{20}$ и $N_{30}P_{40}K_{40}$, она составила соответственно 222,1 и 223,1 г. В прочих вариантах масса 1000 зерен значимых различий с контролем не имела. Была выявлена средняя положительная связь между изучаемыми показателями ($r = 0,587$).

Нормы высева оказывали существенное влияние на массу зерна гороха Премьер. При норме II наблюдалось значительное увеличение массы зерна гороха на контроле и в вариантах N_{20} , $N_{20}P_{20}K_{20}$, $N_{20}P_{40}K_{40}$ по сравнению с вариантом I. Так, на контроле масса 1000 зерен составила 225,0 г. Использование минеральных туков не приводило к значимым изменениям массы зерна, достоверное увеличение наблюдалось лишь в варианте $N_{20}P_{20}K_{20}$ (235,9 г). Корреляционный анализ также показал отсутствие взаимосвязи между массой зерна и вносимыми туками ($r = -0,217$).

При норме III масса 1000 зерен возростала до 225,1–234,5 г, что было существенно выше, чем при нормах I и II. На контроле масса зерна составила 229,2 г, в вариантах с удобрениями данный показатель находился

в пределах контроля, существенно снижаясь только в варианте N₆₀. Проведенный анализ корреляционной связи между массой зерна и вариантами удобрений показал слабую прямую связь ($r = 0,355$).

Развитие растений гороха при разных нормах посева оказало влияние и на урожай зерна гороха Премьер. При норме I на контроле урожайность составила 1,62 т/га (рисунок 1).

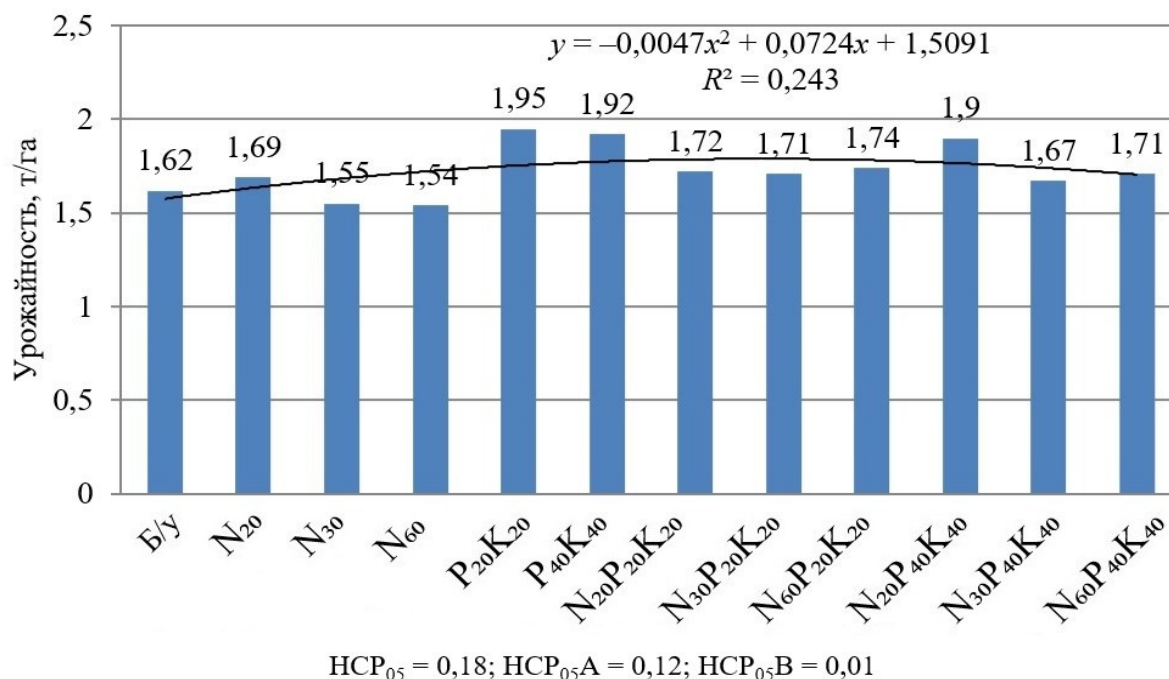


Рисунок 1 – Урожайность при норме посева I
Figure 1 – Yield at seeding rate I

Отмечено, что при внесении азота дозой 30 и 60 кг д. в. происходило незначительное снижение урожайности на 0,07 и 0,08 т/га. Совместное внесение P и K, а также NPK в изучаемых дозах увеличивало урожайность гороха, за исключением варианта N₃₀P₄₀K₄₀, где данный показатель находился на уровне контроля. Максимальная прибавка 0,33 т/га была получена при внесении 20 кг д. в. фосфорных и калийных удобрений. Проведенный корреляционный анализ показал, что вносимые минеральные туки слабо влияли на урожайность гороха изучаемого сорта ($r = 0,26$). Регрессионный анализ методом полиномов выявил, что доля влияния удобрений в изменении урожайности гороха составляет всего 24 % ($R^2 = 0,243$).

Норма посева влияет на урожайность гороха Премьер. Так, при норме II по сравнению с нормой высева I происходило значительное увеличение урожайности от 1,97 т/га на контроле до 2,49 т/га в варианте с внесением $N_{20}P_{20}K_{20}$ (рисунок 2).

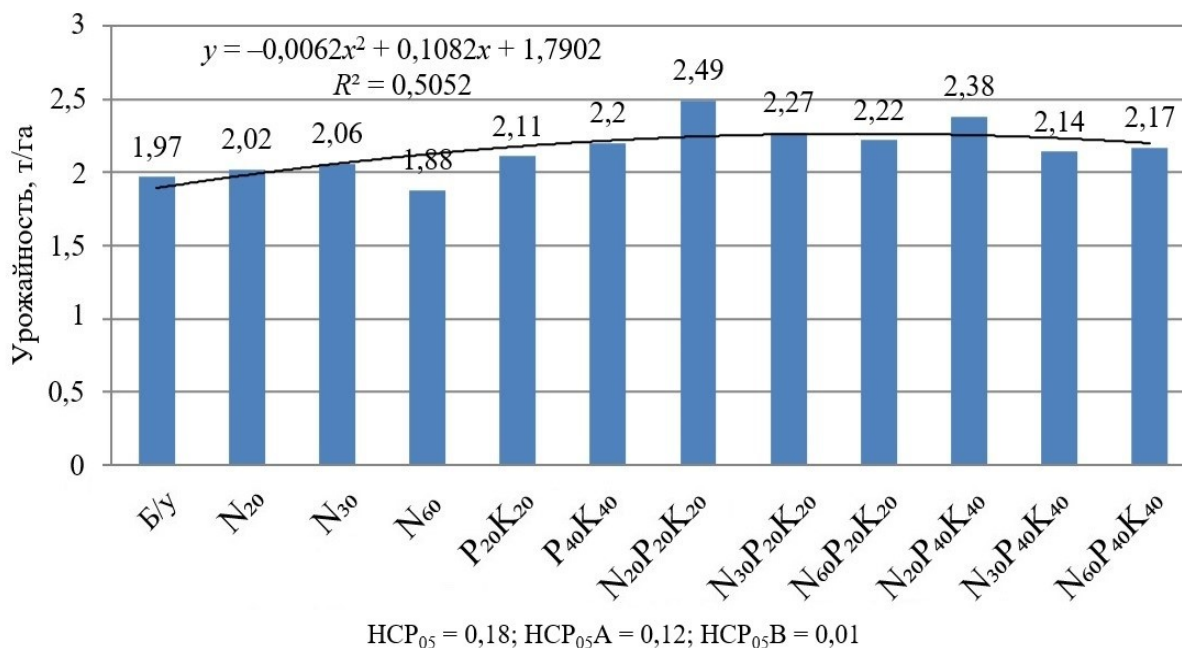


Рисунок 2 – Урожайность при норме посева II

Figure 2 – Yield at seeding rate II

Полиномиальная регрессия показала, что доля влияния вносимых туков на изменение урожая гороха сорта Премьер увеличивалась до 50 % ($R^2 = 0,5052$).

При норме III урожайность гороха была максимальной, достоверно возрастающая до 2,71 т/га на контроле и 3,12 т/га в варианте $P_{40}K_{40}$ (рисунок 3), что было связано с оптимальной густотой и площадью питания гороха для формирования высокопродуктивных посевов.

Прослеживалась аналогичная тенденция в изменении урожайности. Наивысшая прибавка наблюдалась в варианте с совместным применением фосфорных и калийных удобрений в дозе 40 кг д. в., составив 0,41 т/га, минимальная – при внесении 20 кг д. в. азота (0,08 т/га). Корреляционный анализ выявил среднюю прямую связь между урожайностью и вносимыми

туками ($r = 0,62$), полиномиальная регрессия показала, что при увеличении нормы до III доля влияния туков на урожай гороха возрастает до 56 % ($R^2 = 0,5558$).

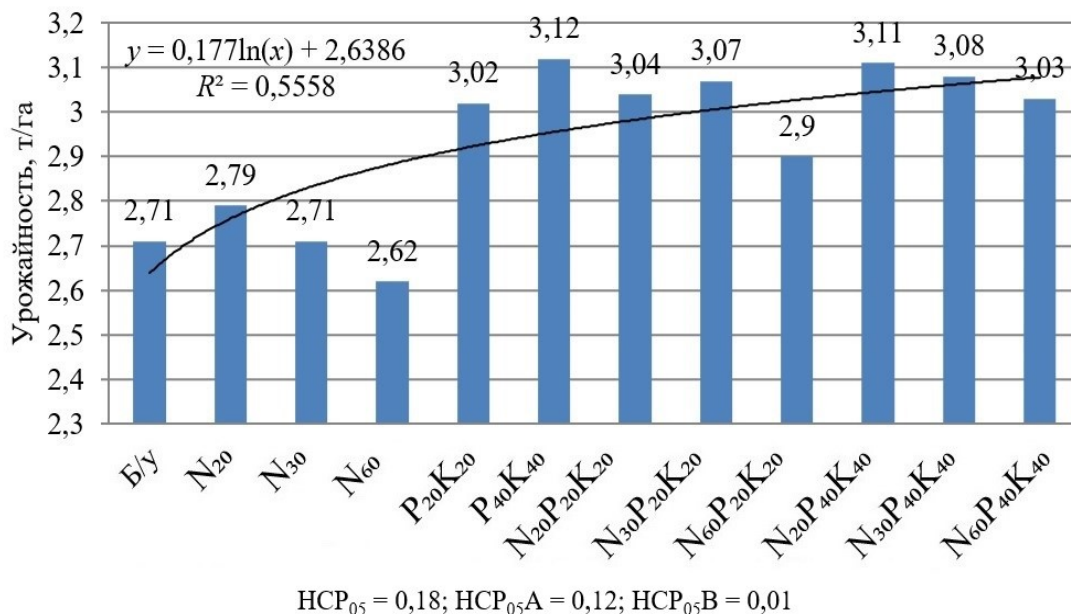


Рисунок 3 – Урожайность при норме посева III
Figure 3 – Yield at seeding rate III

В результате исследований установлено, что содержание белка в зерне гороха Премьер заметно варьирует в зависимости от применяемых минеральных удобрений (рисунок 4).

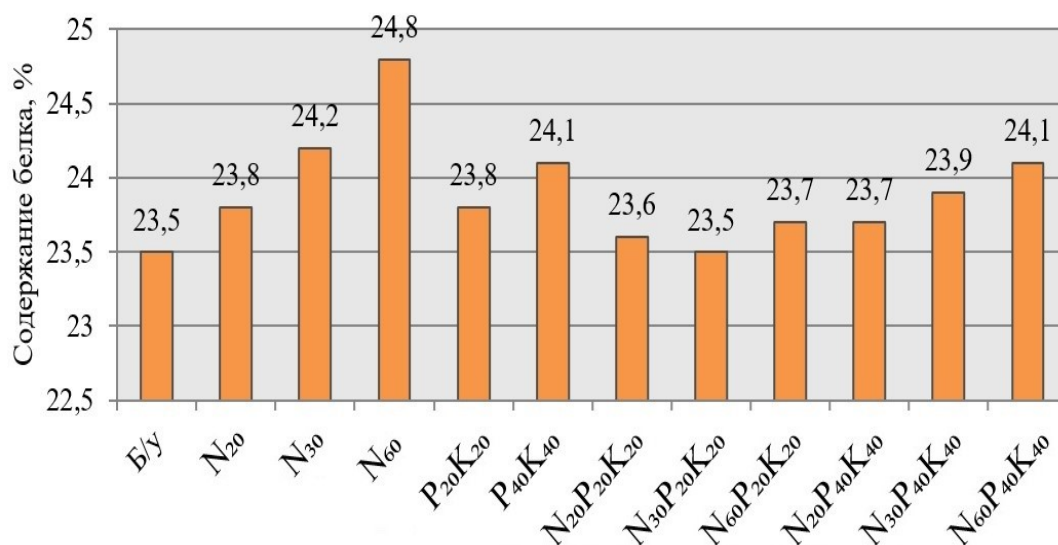


Рисунок 4 – Содержание белка в зерне гороха Премьер (норма посева III)
Figure 4 – The protein content in the grain of peas Premier (seeding rate III)

Так, на контроле оно составило 23,5 %. Внесение туков способствовало увеличению содержания белка. Применение азотных удобрений приводило к значительному увеличению показателя, максимальное значение было получено в варианте N_{60} , составив 24,8 %. При совместном применении фосфорных и калийных удобрений в изучаемых дозировках наблюдалось снижение до 23,5–24,1 %, что было связано с увеличившейся урожайностью. Внесение полного минерального удобрения в изучаемых вариантах увеличивало содержание белка в зерне гороха по сравнению с контролем на 0,1–0,6 %, за исключением варианта $N_{30}P_{20}K_{20}$.

Расчеты показали, что отзывчивость гороха на вносимые туки зависит от нормы высева семян. При норме I наибольшая окупаемость наблюдалась при внесении 20 кг д. в. Р и К (8,3 кг/кг д. в.), что было связано с максимальной прибавкой от удобрений (рисунок 5).

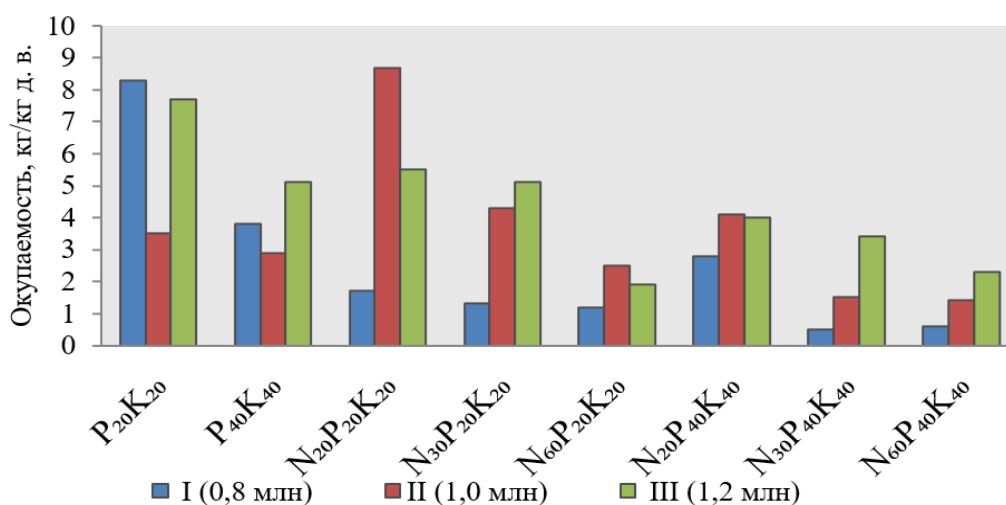


Рисунок 5 – Окупаемость минеральных туков
Figure 5 – Payback of mineral fertilizers

При норме II наилучшие результаты были получены в варианте с внесением полного минерального удобрения дозой 20 кг д. в. (составив 8,7 кг/кг). При норме III данный показатель был наивысшим при применении 20 кг д. в. Р и К (7,7 кг/кг). В варианте $P_{40}K_{40}$ была получена наибольшая урожайность, но за счет двукратного роста дозы удобрений их окупаемость понижалась до 5,1 кг/кг д. в.

Проведенные исследования показали, что экономическая эффективность возделывания гороха Премьер зависит как от норм высева, так и от вносимых минеральных удобрений (таблица 2). При возделывании гороха Премьер с нормой I прямые производственные затраты увеличивались в вариантах с применением удобрений, при этом максимум получен в варианте 12 (36,6 тыс. руб./га).

Таблица 2 – Эффективность возделывания гороха Премьер

Table 2 – Efficiency of peas Premier cultivation

Вариант	Прямые затраты, тыс. руб./га	Себестоимость 1 т зерна, тыс. руб.	Стоимость зерна, тыс. руб./га	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Окупаемость затрат, руб.	Рентабельность, %
I норма						
1	23,50	14,50	48,60	25,10	2,07	106,81
5	28,30	14,50	58,50	30,20	2,07	106,71
6	32,90	17,10	57,60	24,70	1,75	75,08
7	28,20	16,40	51,60	23,40	1,83	82,98
8	28,80	16,80	51,30	22,50	1,78	78,13
9	30,70	17,60	52,20	21,50	1,70	70,03
10	34,20	18,00	57,00	22,80	1,67	66,67
11	34,70	20,80	50,10	15,40	1,44	44,38
12	36,60	21,40	51,30	14,70	1,40	40,16
II норма						
1	27,90	14,20	59,10	31,20	2,12	111,83
5	32,40	15,40	63,30	30,90	1,95	95,37
6	37,20	16,90	66,00	28,80	1,77	77,42
7	33,00	13,30	74,70	41,70	2,26	126,36
8	33,40	14,70	68,10	34,70	2,04	103,89
9	35,20	15,90	66,60	31,40	1,89	89,20
10	38,70	16,30	71,40	32,70	1,84	84,50
11	39,10	18,30	64,20	25,10	1,64	64,19
12	41,00	18,90	65,10	24,10	1,59	58,78
III норма						
1	32,60	12,00	81,30	48,70	2,49	149,39
5	37,30	12,40	90,60	53,30	2,43	142,90
6	39,10	12,50	93,60	54,50	2,39	139,39
7	38,30	12,60	91,20	52,90	2,38	138,12
8	38,80	12,60	92,10	53,30	2,37	137,37
9	39,70	13,70	87,00	47,30	2,19	119,14
10	43,40	14,00	93,30	49,90	2,15	114,98
11	44,10	14,30	92,40	48,30	2,10	109,52
12	45,90	15,10	90,90	45,00	1,98	98,04

Себестоимость урожая в вариантах с удобрениями увеличилась по сравнению с вариантом без удобрений (14,5 тыс. руб.), за исключением варианта $P_{20}K_{20}$, где себестоимость была на уровне контроля. Применение удобрений хотя и увеличивает урожайность, но в связи с высокой стоимостью туков приводит к удорожанию производства и, как следствие, к снижению условного чистого дохода в большинстве вариантов с удобрениями по сравнению с контролем, за исключением варианта $P_{20}K_{20}$, где данный показатель был наивысшим (30,2 тыс. руб./га) за счет максимальной прибавки урожая (рисунок 1).

В вариантах с удобрениями отмечалось снижение окупаемости затрат и рентабельности производства по сравнению с контролем, они уменьшались по мере увеличения дозы вносимых туков, что также было непосредственно связано с высокой стоимостью применяемых удобрений.

При норме II максимум затрат наблюдался в варианте $N_{60}P_{40}K_{40}$, составив 41,0 тыс. руб./га. За счет повышения урожайности в вариантах с удобрениями увеличивалась стоимость урожая, однако себестоимость в связи с высокими затратами на производство была выше, чем в варианте без применения удобрений. Исключение составил вариант с внесением 20 кг д. в. полного минерального удобрения, в котором себестоимость была меньше, чем на контроле (13,3 тыс. руб./т).

Как и при норме I, экономическая эффективность возделывания гороха в вариантах с удобрениями снижалась по сравнению с вариантом без применения удобрений. Лучшие результаты были получены в варианте с внесением $N_{20}P_{20}K_{20}$, где рентабельность составила 126,36 %, а окупаемость прямых затрат – 2,26 руб.

При увеличении нормы до 1,2 млн шт. (вариант III) происходило увеличение прямых затрат и стоимости полученного урожая, что было непосредственно связано с ростом затрат на семенной материал и суще-

ственно возросшую урожайность. Максимальная стоимость урожая наблюдалась в варианте с внесением $P_{40}K_{40}$, составив 93,6 тыс. руб./га.

Себестоимость производимой продукции снижалась по сравнению с остальными изучаемыми нормами посева в связи с повышением урожайности гороха. Условный чистый доход при этом был значительно выше, чем при нормах II и I, достигая на контроле 48,7 тыс. руб./га, а в вариантах с удобрениями варьируя от 45,0 до 54,5 тыс. руб./га. Наивысший условный чистый доход был получен в варианте $P_{40}K_{40}$.

Как рентабельность, так и окупаемость затрат существенно повышались. Так, на контроле рентабельность составила 149,39 %, окупаемость прямых затрат – 2,49 руб. Прослеживались аналогичные тенденции в изменении данных показателей по вариантам опыта, как и при других изучаемых нормах высева.

Таким образом, возделывание гороха Премьер наиболее экономически эффективно при III норме (1,2 млн шт.), поскольку позволяет получить наибольший условный чистый доход при высокой рентабельности производства и низкой себестоимости продукции. Максимальный условный чистый доход (54,5 тыс. руб./га) получен при внесении $P_{40}K_{40}$, при этом рентабельность и окупаемость затрат составили соответственно 139,39 % и 2,39 руб.

Выводы. На элементы продуктивности гороха Премьер оказывает непосредственное влияние норма посева. Увеличение нормы до 1,2 млн шт./га (вариант III) приводит к достоверному сокращению структурных элементов урожая. Применение минеральных удобрений к существенному повышению изучаемых показателей приводит только в отдельных вариантах.

Удобрения оказывают значительное влияние на урожайность гороха Премьер. Совместное внесение фосфорных и калийных туков способствует увеличению урожайности гороха. Применение полного минерального

удобрения достоверно увеличивает урожайность гороха Премьер в вариантах с нормой II и III. При III норме продуктивность гороха Премьер была достоверно выше, чем при других нормах, наибольшее значение было получено в варианте $P_{40}K_{40}$, где прибавка составила 0,41 т/га.

Наиболее экономически эффективно возделывать горох Премьер при посеве III нормой (1,2 млн шт. чистых и всхожих семян на 1 га), что дает возможность получить максимальный условный чистый доход при высокой рентабельности производства и окупаемости прямых затрат. Максимальный условный чистый доход 41,7 тыс. руб./га получен в варианте $P_{40}K_{40}$, при этом рентабельность производства составила 139,39 %, а себестоимость произведенной продукции 12,5 тыс. руб./т.

Список источников

1. Effects of inoculation of root-associative *Azospirillum* and *Agrobacterium* strains on growth, yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.) grown under different nitrogen and phosphorus regimes / S. Ejaz, S. Batool, M. A. Anjum, S. Naz, M. F. Qayyum, T. Naqqash, K. H. Shah, S. Ali // *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 270. 109401. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109401.
2. Nithiyanantham S., Selvakumar S., Siddhuraju P. Total phenolic content and antioxidant activity of two different solvent extracts from raw and processed legumes, *Cicer arietinum* L. and *Pisum sativum* L. // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2012. Vol. 27, iss. 1. P. 52–60. DOI: 10.1016/j.jfca.2012.04.003.
3. Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review / B. Singh, J. P. Singh, A. Kaur, N. Singh // *Food Research International*. 2017. Vol. 101. P. 1–16. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.09.026.
4. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А., Целуйко О. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и особенности водопотребления нового сорта гороха «Сотник» в богарных условиях // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2021. № 4(64). С. 58–68. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-06.
5. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и водопотребление гороха сорта Премьер в богарных условиях // *Мелиорация и гидротехника* [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 3. С. 194–205. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1222> (дата обращения: 01.03.2023). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-194-205.
6. Урожайность и качество зерна одновидового и смешанных посевов гороха при внесении минеральных удобрений / И. Л. Безгодова, Н. Ю. Коновалова, Е. Н. Прядильщикова, Г. Г. Благовещенская, А. А. Завалин // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30, № 7. С. 75–79.
7. Парамонов А. В., Федюшкин А. В., Целуйко О. А. Влияние метеорологических условий на урожайность и качество зерна ярового ячменя в Приазовской зоне Ростовской области // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации* [Элек-

тронный ресурс]. 2020. № 2(38). С. 151–162. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1048> (дата обращения: 01.03.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-151-162.

8. Пасько С. В., Федюшкин А. В. Оптимизация минерального питания яровой пшеницы на черноземе обыкновенном // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 10. С. 33–36. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11007.

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

10. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / А. В. Шпилько [и др.]. М.: УСЗ Минсельхозпрома России, 1998. 219 с.

References

1. Ejaz S., Batool S., Anjum M.A., Naz S., Qayyum M.F., Naqqash T., Shah K.H., Ali S., 2020. Effects of inoculation of root-assocative *Azospirillum* and *Agrobacterium* strains on growth, yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.) grown under different nitrogen and phosphorus regimes. *Scientia Horticulturae*, vol. 270, 109401, DOI: 10.1016/j.scien-ta.2020.109401.

2. Nithiyantham S., Selvakumar S., Siddhuraju P., 2012. Total phenolic content and antioxidant activity of two different solvent extracts from raw and processed legumes, *Cicer arietinum* L. and *Pisum sativum* L. *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 27, iss. 1, pp. 52-60, DOI: 10.1016/j.jfca.2012.04.003.

3. Singh B., Singh J.P., Kaur A., Singh N., 2017. Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. *Food Research International*, vol. 101, pp. 1-16, DOI: 10.1016/j.foodres.2017.09.026.

4. Voshedsky N.N., Kulygin V.A., Tseluyko O.A., 2021. *Vliyanie elementov technologii vozdeystviya na urozhaynost' i osobennosti vodopotrebleniya novogo sorta gorokha "Sotnik" v bogarnykh usloviyakh* [The influence of elements of cultivation technology on the yield and features of water consumption of a new variety of peas "Sotnik" in rainfed conditions]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 4(64), pp. 58-68, DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-06. (In Russian).

5. Voshedsky N.N., Kulygin V.A., 2021. [Influence of cultivation technology elements on the yield of pea varieties Premier in rainfed conditions]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 3, pp. 194-205, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1222> [accessed 01.03.2023], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-194-205. (In Russian).

6. Bezgodova I.L., Konovalova N.Yu., Pryadilshchikova E.N., Blagoveshchenskaya G.G., Zavalin A.A., 2016. *Urozhaynost' i kachestvo zerna odnovidovogo i smeshannykh posevov gorokha pri vnesenii mineral'nykh udobreniy* [Productivity and grain quality of monoculture and mixed pea crops at application of mineral fertilizers]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex], vol. 30, no. 7, pp. 75-79. (In Russian).

7. Paramonov A.V., Fedyushkin A.V., Tseluiko O.A., 2020. [Meteorological effect on the yield and quality of spring barley grain in Priazov zone of Rostov region]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(38), pp. 151-162, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1048> [accessed 01.03.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-151-162. (In Russian).

8. Pasko S.V., Fedyushkin A.V., 2018. *Optimizatsiya mineral'nogo pitaniya yarovoy pshenitsy na chernozeme obyknovennom* [Optimization of mineral nutrition of spring wheat on ordinary chernozem]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex], vol. 32, no. 10, pp. 33-36, DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11007. (In Russian).

9. Dospekhov B.A., 2011. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of Field Experience (with the Basics of Statistical Processing of Research Results)]. Moscow, Alliance Publ., 352 p. (In Russian).

10. Shpilko A.V. [and others], 1998. *Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy i selskokhozyaystvennoy tekhniki* [Methodology of Determination of Economic Efficiency of Technologies and Agricultural Machinery]. Moscow, USZ of the Ministry of Agriculture of Russia, 219 p. (In Russian).

Информация об авторах

А. В. Федюшкин – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

С. В. Пасько – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

A. V. Fedyushkin – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

S. V. Pasko – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 09.03.2023; одобрена после рецензирования 29.03.2023; принята к публикации 25.04.2023.

The article was submitted 09.03.2023; approved after reviewing 29.03.2023; accepted for publication 25.04.2023.