

Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов при выращивании льна масличного на черноземе обыкновенном в условиях Нижнего Дона

Давид Рафаэлович Аветисян, Роман Александрович Каменев, Вера Константиновна Каменева
Донской государственный аграрный университет, Ростовская обл., Октябрьский р-н, пос. Персиановский, Россия
e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

Аннотация. Полевые опыты проведены в 2020–2022 гг. на черноземных почвах в приазовской зоне Ростовской области. Возделывали сорт льна масличного Небесный. Предшественник – озимая пшеница. Использовались в опыте следующие виды минеральных удобрений: аммонийная селитра (34,4 % N), аммофос (12-52), хлористый калий (K_2O_{65}). Применение минеральных удобрений осуществляли в осенний период под вспашку почвы, весной под сплошную культивацию и при посеве льна масличного. Бактериальные препараты предназначены для обработки семян льна в допосевной период: Мизорин, Флавобактерин, Экстрасол. В среднем за 2020–2022 гг. максимальное увеличение от использования агрохимикатов достигнуто на варианте с внесением под сплошную культивацию азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}$. Увеличение урожайности маслосемян льна составляло 0,74 т/га, или 51,7 % по сравнению с контролем. Высокий эффект достигнут от обработки посевного материала биопрепаратом Экстрасол (200 мл на посевную норму семян). Увеличение урожайности маслосемян достигало 0,19 т/га к варианту без применения удобрений. При совместном применении удобрений и бактериальных препаратов наилучшее влияние в действии на урожайность льна достигнуто от обработки семян в предпосевной период бакпрепаратами Флавобактерин и Экстрасол. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 0,51 т/га, или 31,5 %. В среднем за 2 года наибольший сбор масла в урожае получен на варианте с применением $N_{30}P_{30}$. Увеличение в сборе масла составило 371 кг/га, или 63,4 %.

Ключевые слова: лён масличный; чернозем обыкновенный; бактериальные препараты; минеральные удобрения.

Для цитирования: 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. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i8pp4-9>.

The application of mineral fertilizers and bacterial preparations in the cultivation of oil flax on ordinary chernozem in the conditions of the Lower Don

David R. Avetisyan, Roman A. Kamenev, Vera K. Kameneva
Don State Agrarian University, Rostov region, Oktyabrsky district, Persianovsky, Russia
e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

Abstract. Field experiments were carried out in 2020–2022. on chernozem soils in the Azov zone of the Rostov region. They cultivated a variety of oilseed flax Heavenly. The predecessor is winter wheat. The following types of mineral fertilizers were used in the experiment: ammonium nitrate (34.4 % N), ammophos (12-52), potassium chloride (K_2O_{65}). The use of mineral fertilizers was carried out in the autumn period for plowing the soil, in the spring for continuous cultivation and for sowing oil flax. Bacterial preparations are intended for the treatment of flax seeds in the pre-sowing period: Mizorin, Flavobacterin, Extrasol. Average for 2020-2022 the maximum increase from the use of agro-chemicals was achieved in the variant with the introduction of nitrogen-phosphorus fertilizers under continuous cultivation at a dose of $N_{60}P_{60}$. The increase in the yield of flax oilseeds was 0.74 t/ha, or 51.7 % compared to the control. A high effect was achieved from the treatment of seed material with the biological preparation Extrasol (200 ml per sowing rate of seeds). The increase in the yield of oilseeds reached 0.19 t/ha to the variant without the use of fertilizers. With the combined use of fertilizers and bacterial preparations, the best effect on the yield of flax was achieved from the treatment of seeds in the pre-sowing period with bacterial preparations Flavobacterin and Extrasol.



The increase in comparison with the control variant was 0.51 t/ha, or 31.5 %. On average, over 2 years, the largest oil yield in the crop was obtained in the variant using N30P30. The increase in oil harvest was 371 kg/ha, or 63.4 %.

Keywords: oil flax; ordinary chernozem; bacterial preparations; mineral fertilizers.

For citation: Avetisyan D.R., Kamenev R.A., Kameneva V.K. The application of mineral fertilizers and bacterial preparations in the cultivation of oil flax on ordinary chernozem in the conditions of the Lower Don // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(8):4–9. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i8pp4-9>.

Введение. Лен масленичный является ценной технической культурой многообразного применения. На урожайность и качество маслосемян большое влияние оказывают такие технологические приёмы, как способ обработки почвы, защита посевов льна от сорняков [1].

Достигать планируемых стабильных урожаев маслосемян льна возможно при интенсивном уровне применения агрохимикатов. Это объясняется низкой проникающей способностью корневой системы и спецификой потребления NPK культурой.

На черноземе южном Белокалитвенского района Ростовской области изучено действие бактериального препарата Агрофил. Прибавка урожайности маслосемян по сравнению с контролем составила 0,30 т/га, или 31,2 %. Влияние биопрепарата на урожайность маслосемян соизмеримо с эффективностью азотно-фосфорных удобрений, внесённых в дозе $N_{30}P_{30}$. Одновременное использование бакпрепарата с припосевным внесением удобрений не способствовало повышению урожайности маслосемян по сравнению с продуктивностью культуры на варианте с дозой $N_{30}P_{30}$ [2].

Однако сведений о выборе оптимального срока и способа внесения минеральных удобрений под лён, а также бактериальных препаратов на черноземных почвах приазовской зоны Ростовской области в литературе нами не найдено. Поэтому целью проведения полевых опытов являлось изучение влияния минеральных удобрений и бактериальных препаратов на урожайность маслосемян льна на черноземных почвах Нижнего Дона.

Методика исследований. Опыты были проведены в 2020–2022 гг. в ООО «Заветы Ильича», расположенного в Азовском районе Ростовской области. Предшественник льна масличного – озимая пшеница. Повторность опыта трёхкратная. Площадь опытной делянки 25 м² (5×5 м). В опыте высевали сорт льна Небесный. Технология возделывания культуры – распространённая в приазовской зоне. Проведение полевых испытаний осуществляли согласно требования методики опытного дела в агрономии [3].

Схема опыта со льном масличным.

1. Контроль (без удобрений).
2. $N_{30}P_{30}$ – при посеве.
3. $N_{30}P_{30}K_{30}$ – при посеве.
4. P_{30} – осенью под вспашку + N_{30} – весной под культивацию.
5. $P_{30}K_{30}$ – осенью под вспашку + N_{30} – весной под культивацию.
6. P_{45} – осенью под вспашку + N_{45} – весной под культивацию.
7. $P_{45}K_{45}$ – осенью под вспашку + N_{45} – весной под культивацию.
8. P_{60} – осенью под вспашку + N_{60} – весной под культивацию.
9. $P_{60}K_{60}$ – осенью под вспашку + N_{60} – весной под культивацию.
10. $N_{30}P_{30}$ – весной под культивацию.
11. $N_{45}P_{45}$ – весной под культивацию.
12. $N_{60}P_{60}$ – весной под культивацию.
13. $N_{30}P_{30}K_{30}$ – весной под культивацию.
14. $N_{45}P_{45}K_{45}$ – весной под культивацию.
15. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – весной под культивацию.
16. Флавобактерин.
17. Мизорин.
18. Экстрасол;
19. Флавобактерин + $N_{30}P_{30}$ при посеве.
20. Мизорин + $N_{30}P_{30}$ при посеве.
21. Экстрасол + $N_{30}P_{30}$ при посеве.

В опыте применяли распространенные марки минеральных удобрений: аммонийная селитра (34,4 % N), аммофос (12-52), хлористый калий (K_2O_{65}).

Оригинатором сорта льна масличного Небесный является ГБНУ «Донская опытная станция имени Л.А. Жданова ВНИИМК». Сорт разрешен к возделыванию в Северо-Кавказском (6) регионе.





Бактериальные препараты Флавобактерин и Мизорин входят в линейку биопрепаратов Ультрафит производства компании ООО «ЭКОС».

В опыте изучалось также микробиологическое удобрение на основе ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13: жидкая форма «Экстрасол» производства компании ООО «БИСОЛБИ-ИНТЕР».

Нормы нанесения биопрепаратов на семенной материал: Флавобактерин и Мизорин из расчета 600, Экстрасол – 200 мл на гектарную норму.

Почвы места проведения полевых опытов представлены чернозёмами обыкновенными Ростовской области [4].

Проведение полевых опытов базировалось на требованиях соответствующих полевых методик [5, 6]. Перед закладкой опытов со льном масличным в 2021 г. обеспеченность почвы в 40-сантиметровом слое почвы оставила: минерального азота 73 кг/га, подвижного фосфора по Мачигину 11,2 мг/кг почвы, обменного калия по Мачигину 567 мг/кг почвы; в 2022 г. – соответственно 29 кг/га, 22,1 мг/кг и 592 мг/кг почвы. Данное содержание в почве подвижного фосфора по градации Мачигина в 2021 г. характеризуется как низкая (10–15 мг/кг), в 2022 г. – как средняя (15–30 мг/кг). Обеспеченность почвы обменным калием характеризуется как высокая (400–600 мг/кг почвы).

Результаты исследований. В предпосевной период льна масличного в 2021 г. количество почвенной влаги в метровом слое почвы достигало 203,4 мм (табл. 1).

Таблица 1

Содержание почвенной влаги под льном масличным, мм

Слой почвы, см	Срок отбора			
	перед посевом	фаза «ёлочка»	цветение	уборка
2021 г.				
0–20	43,5	36,7	23,6	17,3
0–60	117,6	95,9	63,0	25,1
0–100	203,4	167,2	110,1	63,4
2022 г.				
0–20	40,0	36,7	18,6	3,5
0–60	127,6	115,9	63,0	13,6
0–100	183,4	167,2	104,1	26,0

В межфазный период от фазы «ёлочка» до момента проведения уборки льна масличного в слое почвы 0–100 см обеспеченность почвы продуктивной влагой уменьшилась в 2,6 раза из-за недобора осадков на завершающем этапе вегетации культуры. При этом условия влагообеспеченности почвы в 2021 г. в течение периода выращивания льна масличного характеризовались как положительные, что хорошо отразилось на урожайности культуры.

В предпосевной период льна в 2022 г. содержание почвенной влаги в метровом слое почвы достигало 183,4 мм. От фазы «ёлочка» до цветения льна в метровом слое почвы содержание продуктивной влаги уменьшилось на 63,1 мм из-за недобора осадков в мае. Особенно резкое снижение отмечено в слое почвы 0–60 см. Запас влаги в почве сократился в 1,8 раза. К уборке льна масличного количество доступной влаги снизилось в слое в почвы 0–100 см по сравнению с содержанием в фазу цветение на 78,1 мм. Это, бесспорно, связано с дефицитом осадков в летние месяцы и потреблением продуктивной влаги растениями льна. В целом условия влагообеспеченности почвы в течение вегетации льна масличного в 2022 г. были неудовлетворительными, что неблагоприятно отразилось на урожайности культуры.

Урожайность маслосемян льна при благоприятных условиях влагообеспеченности почвы 2021 г. на варианте без применения удобрений составила 1,73 т/га (табл. 2).

Применение минеральных удобрений в 2021 г. обеспечивало статистически достоверное увеличение урожайности маслосемян льна по сравнению с контролем. Но величина прибавки урожайности различалась в зависимости от способа и срока использования агрохимикатов. Использование под заделку культивацией удобрений в дозах $N_{30}P_{30}$ и $N_{45}P_{45}$ способствовало увеличению продуктивности к контролю на 0,48–0,57 т/га, или на 27,7–32,9 %.

При заделке только фосфорных удобрений в дозах P_{30} и P_{45} осенью под вспашку, а азотных в таких же дозах весной под предпосевную культивацию урожайность маслосемян льна статистически достоверно снижалась по сравнению с аналогичными вариантами, на которых азотно-фосфорные



удобрения вносились под предпосевную культивацию – на 0,20 и 0,18 т/га соответственно. Возможно, это объясняется тем, что при дефиците доступного фосфора при перемешивании удобрений плугом обеспечивается увеличение площади соприкосновения гранул удобрения с почвенными коллоидами и ускорение процессов химической сорбции за осенне-зимне-весенний период.

Таблица 2

Урожайность маслосемян льна, т/га

Вариант	2021 г.	2022 г.	Среднее за 2 года	Прибавка к контролю	
				т/га	%
контроль	1,73	1,12	1,43	–	–
Внесение весной под культивацию					
$N_{30}P_{30}$	2,21	1,66	1,94	0,51	35,3
$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,15	1,60	1,88	0,45	31,1
$N_{45}P_{45}$	2,30	1,85	2,08	0,65	45,1
$N_{45}P_{45}K_{45}$	2,26	1,83	2,05	0,62	43,0
$N_{60}P_{60}$	2,35	1,99	2,17	0,74	51,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,23	1,89	2,06	0,63	44,1
Внесение РК осенью под вспашку, азотных – весной под культивацию					
$N_{30}P_{30}$	2,01	1,70	1,86	0,43	29,7
$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,00	1,65	1,83	0,40	27,6
$N_{45}P_{45}$	2,12	1,88	2,00	0,57	39,9
$N_{45}P_{45}K_{45}$	2,09	1,82	1,96	0,53	36,7
$N_{60}P_{60}$	2,21	1,94	2,08	0,65	45,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,25	1,88	2,07	0,64	44,4
Припосевное внесение					
$N_{30}P_{30}$	2,47	1,75	2,11	0,68	47,6
$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,31	1,70	2,01	0,58	40,2
Обработка семян биопрепаратами перед посевом и припосевное внесение минеральных удобрений					
Флавобактерин	1,92	1,20	1,56	0,13	9,1
Мизорин	1,86	1,18	1,52	0,09	6,3
Экстрасол	2,01	1,23	1,62	0,19	13,3
Флавобактерин + $N_{30}P_{30}$	2,52	1,74	2,13	0,70	49,0
Мизорин + $N_{30}P_{30}$	2,41	1,82	2,12	0,69	47,9
Экстрасол + $N_{30}P_{30}$	2,36	1,89	2,13	0,70	48,6
НСР ₀₅	0,18	0,10	–	–	–

Повышение дозы азотных удобрений до 60 кг/га при внесении фосфорных удобрений осенью и весной достигало лишь тенденции к увеличению сбора маслосемян по сравнению с вариантом, на котором вносили 45 кг/га азотных удобрений, так как прибавка не превосходит НСР опыта.

Добавление к тукам азотно-фосфорных удобрений хлористого калия в дозах K_{30} , K_{45} , K_{60} не способствовало увеличению урожайности маслосемян льна. Наоборот, отмечена тенденция в снижении урожайности культуры. Но при этом данные снижения урожайности меньше НСР опыта.

Пик урожайности в опыте в 2021 г. был достигнут на варианте с припосевным внесением азотно-фосфорных удобрений ($N_{30}P_{30}$). Увеличение урожайности к контролю достигало 0,74 т/га, или 42,8 %, а к аналогичному варианту с применением удобрений с заделкой культивацией – 0,26 т/га, или 11,8 %.

Высокоэффективно было применение для обработки семян биопрепарата Экстрасол в 2021 г. при посеве льна без минеральных удобрений. Повышение урожайности маслосемян льна по отно-



шению к контролю составило 0,28 т/га, или 16,2 %. Использование биопрепаратов и минеральных удобрений в 2021 г. было неэффективно.

Из-за дефицита почвенной влаги в 2022 г. урожайность маслосемян на контроле составила лишь 1,12 т/га.

При дефиците почвенной влаги на фоне средней обеспеченности почвы подвижным фосфором (по Мачигину) способ и срок внесения удобрений не имели влияния на урожайность льна. Максимальное действие на продуктивность льна оказала доза удобрений. Их внесение в дозе $N_{30}P_{30}$ увеличивало сбор маслосемян по сравнению с контрольным вариантом на 0,54–0,63 т/га, или на 48,2–56,3 %, и достигало наибольшего значения при внесении удобрений при посеве в дозе $N_{45}P_{45}$ – на 0,73–0,76 т/га, или на 65,2–67,8 т/га; в дозе $N_{60}P_{60}$ – на 0,82–0,87 т/га, или на 73,2–77,7 %.

Как и в предыдущий год полевых опытов, максимальный эффект в увеличении урожайности маслосемян льна получен от нанесения на посевной материал биопрепарата Экстрасол. Увеличение продуктивности по отношению к контролю достигала 0,62 т/га. Эффективность увеличивалась при совместном применении этого биопрепарата на фоне NP ещё на 0,66 т/га, а по сравнению с внесением только при посеве азотно-фосфорных удобрений – на 0,14 т/га.

В оба года полевых опытов использование калийных удобрений в 2022 г. не обеспечивало увеличение урожайности маслосемян. Это обусловлено высоким содержанием обменного калия в почве.

В среднем за 2 года урожайность маслосемян льна на контроле составила 1,43 т/га. Использование при посеве $N_{30}P_{30}$ повышало продуктивность на 0,68 т/га, или на 47,6 %. Но наибольший эффект от использования минеральных удобрений достигнут на варианте с их внесением под предпосевную культивацию дозе $N_{60}P_{60}$. Прибавка урожайности повысилась ещё на 0,06 т/га по отношению к уровню урожайности варианта с припосевным внесением.

Эффект от использования препарата Экстрасол в увеличении урожайности достигал 0,19 т/га по отношению контролю.

При совместном внесении с минеральными удобрениями равнозначный эффект достигнут от Флавобактерина и Экстрасола. Прибавка к контролю составила 0,51 т/га, или 31,5 %.

Содержание масла в урожае льна на варианте без агрохимикатов в 2022 г. достигало 42,3 %, в 2021 г. – 40,2 % (табл. 3).

Таблица 3

Сбор масла в урожае льна масличного в 2022 г., кг/га

Вариант	Масличность, %			Сбор масла, кг/га		
	2021 г.	2022 г.	среднее за 2 года	2021 г.	2022 г.	среднее за 2 года
1	2	3	4	5	6	7
Контроль	40,2	42,3	41,3	695	474	585
Внесение весной под культивацию						
$N_{30}P_{30}$	43,2	44,1	43,7	955	732	843
$N_{30}P_{30}K_{30}$	42,4	43,2	42,8	912	691	801
$N_{45}P_{45}$	45,5	45,2	45,4	1047	836	941
$N_{45}P_{45}K_{45}$	43,4	44,4	43,9	981	813	897
$N_{60}P_{60}$	44,4	43,3	43,9	1043	862	953
$N_{60}P_{60}K_{60}$	42,4	42,1	42,3	946	796	871
Внесение РК осенью под вспашку, азотных – весной под культивацию						
$N_{30}P_{30}$	42,2	44,0	43,1	848	748	798
$N_{30}P_{30}K_{30}$	41,0	43,3	42,2	820	714	767
$N_{45}P_{45}$	43,4	44,4	43,9	920	835	877
$N_{45}P_{45}K_{45}$	42,5	43,8	43,2	888	797	843
$N_{60}P_{60}$	42,1	43,4	42,8	930	842	886
$N_{60}P_{60}K_{60}$	41,2	42,2	41,7	927	793	860

1	2	3	4	5	6	7
Припосевное внесение						
$N_{30}P_{30}$	46,0	44,3	45,2	1136	775	956
$N_{30}P_{30}K_{30}$	44,8	43,6	44,2	1035	741	888
Обработка семян биопрепаратами перед посевом и припосевное внесение минеральных удобрений						
Флавобактерин	41,0	43,0	42,0	787	516	652
Мизорин	41,8	43,3	42,6	777	511	644
Экстрасол	42,4	44,1	43,3	852	542	697
Флавобактерин + $N_{30}P_{30}$	44,1	45,1	44,6	1111	785	948
Мизорин + $N_{30}P_{30}$	44,0	44,8	44,4	1060	815	938
Экстрасол + $N_{30}P_{30}$	43,3	45,5	44,4	1022	860	941
НСР ₀₅	0,7	0,5	—	23	15	

В 2021 г. наибольшая масличность зафиксирована на варианте с припосевным внесением $N_{30}P_{30}$. Содержание масла по отношению к контролю достигало 5,8 %. В 2022 г. наибольшее содержание масла получено при одновременном применении минеральных удобрений и Экстразола. Увеличение к контролю составило 3,2 %.

В среднем за 2 года наибольший сбор масла получен на варианте с применением $N_{30}P_{30}$. Увеличение в сборе масла достигало 371 кг/га, или 63,4 %. Лишь на 3 кг/га этот показатель меньше при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}$ с заделкой культивацией льна масличного.

Заключение. По результатам 2-летних экспериментальных опытов можно сделать вывод, что при выборе срока и способа внесения удобрений под лён масличный сорта Небесный оптимальным является внесение до посева в дозе $N_{60}P_{60}$. При отсутствии применения удобрений осуществлять обработку семян препаратом Экстрасол (200 мл) на гектарную норму, а при возделывании льна одновременно с внесением при посеве в дозе $N_{30}P_{30}$ – Экстрасол (200 мл) или Флавобактерин (600 г) на гектарную норму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеенко А.П., Зеленки Р.Н. Влияние гербицидов на засоренность посевов льна масличного // Современные наукоемкие технологии – основа модернизации агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Пос. Персиановский, 2021. С. 102–105.
2. Нужнов И.В. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под лён масличный на чернозем южном // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Пос. Персиановский, 2016. С. 54–57.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
4. Безуглова О.С. Почвы Ростовской области. Ростов н/Д., 2011. 127 с.
5. Щерба С.В., Юдин Ф.А. Методика полевого опыта с удобрениями // Агрохимические методы исследования почв. М., 1975. С. 526–584.
6. Юдин Ф.А. Методика агрохимических исследований. М.: Колос, 1980. 366 с.

REFERENCES

1. Avdeenko A.P., Zelenki R.N. Influence of herbicides on the weediness of oil flax crops. *Modern high-tech technologies - the basis for the modernization of the agro-industrial complex*. Pos. Persianovsky, 2021: 102–105. In Russ.
2. Nuzhnov I.V. The use of mineral fertilizers and bacterial preparations for oil flax on southern chernozem. *Innovations in crop cultivation technologies*. Pos. Persianovsky, 2016: 54–57. In Russ.
3. Dospekhov B.A. Methods of field experience. Moscow: Kolos, 1979. 416 p. In Russ.
4. Bezuglova O.S. Soils of the Rostov region. Rostov on Don, 2011. 127 p. In Russ.
5. Shcherba S.V., Yudin F.A. Methods of field experience with fertilizers. *Agro-chemical methods of soil research*. Moscow, 1975: 526–584. In Russ.
6. Yudin F.A. Methods of agrochemical research. Moscow: Kolos, 1980. 366 p. In Russ.

Статья поступила в редакцию 14.03.2023; одобрена после рецензирования 4.04.2023; принята к публикации 30.04.2023.
The article was submitted 14.03.2023; approved after reviewing 4.04.2023; accepted for publication 30.04.2023.

