

**ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В СОЧЕТАНИИ
С МИНЕРАЛЬНЫМИ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМИ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА**

**О.Ю. Сорокина, д.с.-х.н., ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»
170041, г. Тверь, Комсомольский проспект, д. 17/56,
e-mail: olga-sorokina@bk.ru**

Работа выполнена по госзаданию ФНЦ ЛК № FGSS2019-0017 при поддержке Минобрнауки России

В различных гидротермических условиях вегетационных периодов (2020-2022 г.) при возделывании нового сорта льна-долгунца Визит на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с высоким содержанием фосфора и средним калием отмечена высокая эффективность минеральных и органоминеральных удобрений. Прибавка урожайности в среднем за три года по льносолоне была 5,7-7,8 ц/га, льносемян – 1,5-2,0 ц/га. Доля участия этого фактора по годам – от 36 до 61 %. Фолиарная обработка посева микробиологическими удобрениями Азотовит и Фосфатовит в среднем за три года позволила увеличить урожайность льносолонны на 1,2 ц/га (3 %), семян – на 0,6 ц/га (7 %). Доля участия этого фактора по годам составляла от 5,5 до 15 %. На фоне без удобрений прибавки урожайности от фолиарной обработки посева микробиологическими удобрениями Азотовит + Фосфатовит значительно выше – 4,1 ц/га (11,5 %) по льносолоне и 1,0 ц/га (13 %) по семенам. В этом варианте отмечено усиление биологической активности почвы (метод льяных полотен).

Ключевые слова: минеральные, органоминеральные, микробиологические удобрения, лен-долгунец, продуктивность, Тверская область

Для цитирования: Сорокина О.Ю. Влияние бактериальных удобрений в сочетании с минеральными и органоминеральными на продуктивность льна-долгунца// Плодородие. – 2023. – №4. – С. 75-77.
DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.18.

В технологии возделывания льна-долгунца внесение удобрений является необходимым приемом, повышающим урожайность культуры и ее качественные характеристики [8, 9], а также нивелирующим различную неустойчивость погоды [10]. Применение микробиологических удобрений позволяет с синергетическим эффектом с минеральными удобрениями увеличивать урожайность культуры, улучшая азотфиксацию, повышая биологическую активность почвы, иммунитет и стрессоустойчивость растений и стимулируя их рост [4, 11]. В ряде работ отмечено положительное влияние микробиологических удобрений Азотовит и Фосфатовит на урожайность льна-долгунца [3, 2]. Так на дерново-средне-подзолистой супесчаной почве в системе ухода за посевами льна фолиарная обработка в фазе ёлочка баковой смесью Азовита и Фосфатовита с гербицидами способствовала получению урожайности льносемян 2,13 т/га (+42,9 % к варианту без удобрений) [1]. Сочетание применения органоминерального удобрения с обработкой семян льна микробиологическим удобрением Азотер позволило улучшить качественные характеристики волокна – прочность и гибкость [7].

Применению микробиологических удобрений – группы естественных высокомолекулярных веществ, обладающих высокой физиологической активностью, в последние годы уделяют большое внимание во всем мире.

Цель наших исследований – выявить эффективность влияния фолиарного применения бактериальных удобрений на фоне минеральных и органоминеральных на продуктивность и качество льна.

Методика. Исследования проведены в 2020-2022 г., согласно методическим указаниям [5], в Торжокском районе Тверской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 1,85 %, подвижных фосфора, калия (по Кирсанову) и цинка 248, 84 и 0,56 мг/кг соответственно, водорастворимого бора 0,44 мг/кг, рН_{KCl} 4,97. В опыте возделывали современный сорт льна-долгунца Визит с нормой высева для товарных посевов. Предшественник – однолетние травы.

Сравнивали применение микробиологических удобрений Азотовит и Фосфатовит на фоне минеральных – азофоски, комплексного с бором ($N_{14}P_{23}K_{14}B_{0.3}$) и органоминерального ОМУ «Льянное». При расчете физической дозы удобрений при основном способе внесения исходили из выравнивания её по азоту (24 кг д.в/га).

Азотовит: живые клетки бактерий (*Azotobacter chroococcum*) с концентрацией не менее $5 \cdot 10^9$ КОЕ/см³. Фосфатовит: споры и живые клетки бактерий (*Bacillus mucilaginosus*) с концентрацией не менее $0,12 \cdot 10^9$ КОЕ/см³. Применяли в дозе по 0,7 л/га фолиарно в фазе ёлочка. Норма расхода рабочего раствора 300 л/га.

Метеорологические условия за период возделывания льна-долгунца (май – август) складывались по-разному. 2020 г. был влажным – ГТК (гидротермический коэффициент) составил 2,15, 2021 г. – близкий к оптимальному ГТК – 1,08, 2022 г. – засушливый ГТК – 0,87. Зависимость продуктивности льна-долгунца от метеорологических условий и сорта рассмотрена в работах [10].

Результаты и их обсуждение. Внесение под культивацию удобрений, как минеральных, так и органоминеральных

ного ОМУ «Льняное», в среднем за 3 года способствовало увеличению высоты льна от 5,7 до 9,8 см, технической длины – от 2,4 до 5,4 см к варианту без удобрений. Обработка посева микробиологическими препаратами (Азотовит и Фосфатовит), без основного внесения удобрений, увеличила высоту и техническую длину растений на 2,5 и 0,8 см соответственно. На фоне применяемых удобрений увеличения высоты растений при фоллиарной обработке микробиологическими препаратами не произошло, но отмечено увеличение диаметра стебля льна (табл. 1).

1. Влияние удобрений на морфологические показатели стебля (в среднем за 3 года)

Вариант	Без обработки посева			Азотовит + Фосфатовит фоллиарно в фазе елочка		
	высота, см	техническая длина, см	диаметр на ½ высоты стебля, мм	высота, см	техническая длина, см	диаметр на ½ высоты стебля, мм
Контроль (б/у)	58,1	52,9	1,08	61,0	53,7	1,15
Азофоска	63,8	55,3	1,21	64,5	56,1	1,26
Комплексное с бором	66,7	57,2	1,29	66,6	57,1	1,30
ОМУ «Льняное»	67,9	58,3	1,27	67,6	57,2	1,32

Применение бора в составе азотно-фосфорно-калийного удобрения и ОМУ «Льняное» способствовало образованию большего количества коробочек на одном растении, с хорошей завязываемостью семян в них. Фоллиарная обработка Азотовитом и Фосфатовитом увеличивала количество коробочек и семян в них не только в варианте без удобрений, но и на фоне применения удобрений (табл. 2).

2. Влияние удобрений на структурные элементы урожайности семян (в среднем за 3 года)

Вариант	Без обработки посева			Азотовит + Фосфатовит фоллиарно в фазе елочка		
	число коробочек	число семян в 1 коробочке	масса 1000 семян, г	число коробочек	число семян в 1 коробочке	масса 1000 семян, г
Контроль (б/у)	2,7	7,8	4,50	3,1	8,1	4,51
Азофоска	3,5	8,1	4,65	4,2	8,1	4,52
Комплексное с бором	4,1	8,0	4,57	4,8	8,2	4,58
ОМУ «Льняное»	4,1	8,4	4,51	4,8	8,1	4,50

Улучшение морфологических показателей стебля льна и структурных элементов урожайности семян при применении всех видов удобрений достоверно приводило к увеличению продуктивности культуры – льносоломой на 15-22 %, льносемян – на 13-15 %. При основном внесении комплексного с бором удобрения и ОМУ «Льняное» урожайность (в среднем за три года) составила льносоломой – 43,4 и 43,6 ц/га, льносемян – 9,7 и 9,2 ц/га соответственно. Урожайность льносоломой при применении азофоски в сравнении с ОМУ «Льняное» была меньше на 2,1 ц/га, семенная продуктивность – на уровне применения ОМУ «Льняное».

Фоллиарная обработка посева микробиологическими удобрениями Азотовит и Фосфатовит в среднем за три года позволила увеличить урожайность льносоломой на 1,2 ц/га (3 %), семян – 0,6 ц/га (7 %) (табл. 3). Без применения удобрений прибавки от этого приёма были более значимые – 4,1 ц/га (11,5 %) по льносолеме и 1,0 ц/га (13 %) по семенам. Поскольку метеорологические условия

по годам различались, то и доля участия удобрений в урожайности льносоломой колебалась от 36 % (в 2022 г.) до 61 % (в 2021 г.). Доля участия обработки посевов Азотовит и Фосфатовит по годам изменялась от 5,5 % (в 2020 г.) до 15 % (в 2021 г.).

3. Влияние различных форм удобрений и обработки посева микробиологическими удобрениями на урожайность льна-долгунца (в среднем за 3 года), ц/га

Удобрение (фактор А)	Без обработки посева (фактор В)		Фосфатовит + Азотовит (фактор В)		Среднее по фактору А	
	льносолома	семена	льносолома	семена	солома НСР - 3,2	Семена НСР - 0,65
Контроль (б/у)	35,8	7,7	39,9	8,7	37,9	8,2
Азофоска	41,5	9,2	41,2	9,8	41,4	9,6
Комплексное с бором	43,4	9,7	44,0	9,9	43,7	9,8
ОМУ «Льняное»	43,6	9,2	43,9	10,0	43,8	9,6
Среднее по В	41,1	9,0	42,3	9,6		
НСР по В	0,82	0,38				

НСР по АВ F таб. > F факт.

Урожайность тресты имеет ту же тенденцию, что и урожайность льносоломой. Близкая урожайность льнотресты получена при применении удобрения комплексного с бором и ОМУ «Льняное». В этих вариантах получен самый высокий интерполированный номер тресты – 2,70 и 2,72 (табл. 4). Снижение интерполированного номера тресты при обработке микробиологическими удобрениями связано с ускорением вылежки и требовало более раннего её подъема.

4. Влияние удобрений на урожайность тресты и её номер (в среднем за 3 года)

Удобрение	Без обработки посева		Азотовит + Фосфатовит фоллиарно в фазе елочка	
	урожайность тресты, ц/га	интерполированный номер	урожайность тресты, ц/га	интерполированный номер
Контроль (б/у)	29,2	2,33	32,7	2,27
Азофоска	33,9	2,62	33,7	2,40
Комплексное с бором	35,7	2,70	36,5	2,51
ОМУ «Льняное»	35,1	2,72	35,8	2,68

Содержание волокна наименее варьированный признак, но и он зависит от гидротермических условий года и агрохимического фона. Так если урожайность тресты при применении разных видов удобрений различалась незначительно, то урожайность волокна при применении ОМУ «Льняное» была выше (13,9 ц/га против 12,8 ц/га без обработки посева и 14,3 против 12,2 ц/га при обработке посева Азотовитом и Фосфатовитом в сравнении с азофоской). Урожайность волокна возросла за счет выхода волокна – 38,1 % по сравнению с 35,6 % при применении азофоски (табл.5).

Достаточно точное представление о действии различных агротехнических приемов на интенсивность разрушения растительного материала дают методы учета биологической активности почвы по разложению целлюлозы – соломой и льняного полотна [6]. С агрономической точки зрения очень важно, что метод льняных полотен показывает не только активность

целлюлозоразлагающих микроорганизмов, но и степень мобилизации азота в почве.

5. Содержание и урожайность волокна льна (в среднем за 3 года)

Удобрение	Без обработки посева			Азотовит + Фосфатовит фолиарно в фазе елочка		
	общее во- локно, %	длинное трепанное волокно, %	урожай- ность, ц/га	общее во- локно, %	длинное трепанное волокно, %	уро- жай- ность, ц/га
Контроль (б/у)	34,8	29,8	10,6	34,8	29,0	12,0
Азофоска	35,6	31,6	12,8	35,0	33,0	12,2
Комплексное с бором	34,7	32,0	12,8	35,5	30,5	13,4
ОМУ «Льняное»	38,1	33,1	13,9	37,9	32,1	14,3

Экспозиция льняных полотен в опыте была в течение 43 сут. За это время выпало 69,1 мм осадков в 2021 г. и 57,2 мм в 2022 г., что меньше среднееголетнего показателя за данный период на 46,2 и 58,1 мм. Несмотря на засушливые условия, отмечено усиление биологической активности почвы при фолиарной обработке посева льна микробиологическим удобрением Азотовит + Фосфатовит в варианте без удобрений. Разложение льняного полотна в более влажных условиях 2021 г. составило 42,0 % в отличие от 20,1 %, где не было обработки посева (табл. 6). Наблюдалось усиление разложения полотна на фоне внесения азофоски (45,6 % в более влажном году и 23,6 % в более сухом), что свидетельствует о доступности азота для микроорганизмов. В комплексном удобрении с бором азот представлен, кроме аммиачной и нитратной формы, амидной, что позволяет ему более равномерно использоваться в течение вегетации. Содержащийся в нем бор также может замедлять деятельность целлюлозоразрушающих микроорганизмов.

6. Разложение льняного полотна на глубине 5-15 см, %

Удобрения	Без обработки посева		Азотовит + Фосфатовит фо- лиарно в фазе елочка	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль (б/у)	20,1	19,3	42,0	20,2
Азофоска	45,6	23,6	32,6	34,6
Комплексное с бором	18,7	20,4	14,3	23,7
ОМУ «Льняное»	11,1	21,0	19,8	20,5

Заключение. В различных гидротермических условиях вегетационных периодов при возделывании нового сорта льна-долгунца Визит на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с высоким содержанием фосфора и средним калия отмечена высокая эффективность минеральных и органоминеральных удобрений. Прибавки урожайности льносоломой при применении азофоски, комплексного удобрения с бором и ОМУ

«Льняное» составили, соответственно, 5,7; 7,6 и 7,8 ц/га (16; 21 и 22 %), льносемян – 1,5; 2,0 и 1,5 ц/га (19; 26 и 19 %) в сравнении с вариантом без удобрений. Прибавка урожайности льносоломой от ОМУ «Льняное» выше, чем при применении азофоски, а семенная продуктивность близка. Фолиарная обработка посева микробиологическими удобрениями Азотовит и Фосфатовит в среднем за три года позволила увеличить урожайность льносоломой на 1,2 ц/га (3 %), семян – 0,6 ц/га (7 %). Без применения удобрений прибавки от этого приёма были более значимые – 4,1 ц/га (11,5 %) по льносоломе и 1,0 ц/га (13 %) по семенам. Отмечают усиление биологической активности почвы при фолиарной обработке посева льна микробиологическим удобрением Азотовит + Фосфатовит в варианте без удобрений. Наиболее сильное влияние этого приема было в более влажных условиях 2021 г. и составило 42,0 % в отличие от 20,1 %, где обработки посева не было.

Литература

1. Васильев А.С., Диченский А.В. Влияние норм высева и биопрепаратов на продуктивность льна масличного в северной части Центрального Нечерноземья // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2018. – №3. – С. 38-43.
2. Васильев А.С., Яковлева С.В. Влияние фона минерального питания и бактериальных препаратов на продуктивность льна-долгунца сорта Тверской // Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов/ Сб. научных трудов по материалам Национальной науч.-практ. конференции. – Тверь, 12-14 февраля 2019. – С.19-22.
3. Дечиян М., Болнова С.В. Влияние микробиологического удобрения Азотовит на урожайность и качество льна-долгунца сорта Лидер // Актуальные вопросы развития науки и технологий. Сб. статей междунар. конф. молодых ученых. – Караваево, 04 апреля 2019. Изд. Костромской ГСХА. – С. 14-19.
4. Корягин Ю.В., Корягина Н.В. Влияние микробиологических удобрений на продуктивность и посевные качества семян озимой пшеницы // Нива Поволжья. – 2018. – № 4. – С. 71-77.
5. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом. – Торжок: ВНИИЛ, 1978. – 71.
6. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. – 2- изд., перераб. и доп./ Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 319 с.
7. Selma D., Mirsad V., Vildana J. Effect of different fertilizers types on flax fibres characteristics in different cultivars of flax// The 5th International Symposium on Sustainable. ISSD 2014. – P. 95 – 100.
8. Сорокина О.Ю., Кузьменко Н.Н., Сухопалова Т.П., Ильина В.И. Приемы повышения урожайности льна-долгунца // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – №8. – С.18-23.
9. Сорокина О.Ю. Оценка ассортимента удобрений и способов их внесения под новый сорт льна-долгунца Универсал // Аграрная наука. – 2021. – № 6. – С. 55-59.
10. Сорокина О.Ю. Продуктивность льна-долгунца в зависимости от метеоусловий, удобрений и сорта // Агрохимический вестник. – 2022. №3. – С.23-27.
11. Тиранов А.Б. Влияние микробиологических удобрений на урожайность ярового рапса и плодородие дерново-подзолистой почвы в условиях Новгородской области // Плодородие. – 2020. – №2. – С. 43-46.

THE EFFECT OF BACTERIAL FERTILIZERS IN COMBINATION WITH MINERAL AND ORGANOMINERAL FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY OF FIBER FLAX

O.Yu. Sorokina

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 170041 Tver, Komsomolsky prospect 17/56, e-mail: olga-sorokina@bk.ru

In various hydrothermal conditions of the growing seasons (2020-2022 years), when cultivating a new variety of fiber flax Visit on soddy-podzolic medium loamy soil with a high content of phosphorus and medium potassium, high efficiency of mineral and organomineral fertilizers was noted. Yield increases on average for three years for flax straw were 5.7-7.8 c/ha, flax seeds – 1.5-2.0 c/ha. The participation rate of this factor ranged from 36 to 61% over the years. Foliar treatment of sowing with microbiological fertilizers Azotovit and Phosphatovit on average over three years allowed to increase the yield of flax straw by 1.2 c/ha (3%), seeds – 0.6 c/ha (7%). The share of this factor in the years ranged from 5.5 to 15%. Against the background of no fertilizers, the yield increase from foliar treatment of sowing with microbiological fertilizer Azotovite + Phosphatovite is significantly higher – 4.1 c/ha (11.5%) for flax straw and 1.0 c/ha (13%) for seeds. In this variant, an increase in the biological activity of the soil was noted (the method of linen cloths).

Keywords: mineral, organomineral, microbiological fertilizers, fiber flax, productivity, the Tver region.