

УДК 633.521:631.465:631.847

*И. А. ГОЛУБ, О. А. ЕРМОЛОВИЧ*

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРЕПАРАТА БИОЛИНУМ В ПОСЕВАХ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА  
ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ**

*Институт льна*

*(Поступила в редакцию 09.06.2011)*

**Введение.** Новым направлением в современной технологии возделывания льна-долгунца является использование биопрепаратов, сокращающее применение минеральных удобрений. Увеличение доли биологического азота, накапливаемого в почве с помощью азотфиксирующих бактерий, становится все более очевидной, поскольку он дешевле азота минеральных удобрений и экологически безвреден [1]. Новое актуальное и перспективное направление в общей проблеме биологического азота называется ассоциативной азотфиксацией – это связывание атмосферного азота микроорганизмами при тесном контакте с корнями небобовых культур [2].

Помимо азота урожайность растений льна-долгунца лимитируется дефицитом второго по значимости элемента питания – фосфора. Растениями усваивается лишь 25% фосфорных удобрений, а в результате микробиологической фосфатмобилизации из труднорастворимых запасов фосфорных соединений высвобождается от 10 до 40%  $P_2O_5$  [3].

Один из путей снабжения сельскохозяйственных культур фосфатом – использование жизнедеятельности почвенных микроорганизмов для повышения усвояемости растениями фосфора почв и удобрений. В круговороте фосфора почвенная микрофлора играет важную роль. Ее влияние осуществляется, по меньшей мере, тремя путями: растворение минеральных и органических фосфатов; ферментативное разложение органических фосфорных соединений; потребление доступного фосфора и закрепление его в микробной биомассе, где он содержится в большем количестве (1,5–2,5%), чем у высших растений (0,05–0,5%) [4].

Цель исследований – изучить влияние бинарного биопрепарата Биолиnum на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов на повышение урожайности и улучшение качества льнопродукции.

**Материалы и методы исследования.** Полевые опыты проводили в 2005–2007, 2009 гг. на опытных полях Института льна Оршанского района Витебской области.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, суглинистая, развивающаяся на среднем лесовидном суглинке, подстилаемом ближе 1 м моренным суглинком. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта:  $pH_{KCl}$  5,2–5,3, гумус по Тюрину – 1,75–1,85%, содержание подвижных форм фосфора ( $P_2O_5$ ) – 180–190 и обменного калия ( $K_2O$ ) – 220–225 мг/кг почвы.

Опыты заложены в четырехкратной повторности с рендомизированным расположением вариантов с общей площадью делянки 32 м<sup>2</sup>.

Подготовка опытного участка и обработка почвы: после уборки предшественника внесение глифосатсодержащих препаратов, лущение стерни на глубину 8–10 см, вспашка на зябь на глубину 20–22 см; весной – культивация для «закрытия влаги» на глубину 5–7 см, внесение удобрений и заделка культиватором на глубину 8–10 см, предпосевная обработка АКШ–3,6. Минеральные удобрения вносили согласно схеме опыта (см. табл. 1).

В качестве протравителя семян льна-долгунца сорта Е-68 использовали Витавакс 200ФФ, норма расхода – 2,0 л/т.

Для инокуляции семян был использован бинарный микробный препарат Биолиnum, разработанный в Институте микробиологии НАН Беларуси на основе эффективных штаммов ассоциативного diaзотрофа *Enterobacter sp.* Э<sub>10</sub>, альтернативного минеральным азотным удобрениям и гетеротрофного ростстимулирующего микроорганизма *Pseudomonas sp.* Ф<sub>3</sub>, мобилизующего труднорастворимые фосфаты почвы и удобрений. Для инокуляции технической культуры льна-долгунца рекомендуемая доза составила 0,2 л/га. Полученную суспензию препарата наносили на семена и тщательно перемешивали вручную (перелопачиванием) либо в машинах для протравливания предварительно очищенных и отмытых от остатков ядохимикатов. Семена, обработанные бактериальным препаратом, рекомендуется высевать в тот же день. При неблагоприятных погодных или производственных условиях семена можно высевать в течение 3–5 дней после обработки.

Посев осуществляли сеялкой «Саксония». Способ сева – узкорядный, ширина междурядий 7,5 см. Мероприятия по уходу за посевами проводились согласно принятым рекомендациям: инсектицидами, гербицидами, фунгицидами обрабатывали все делянки, включая контроль.

Математическую обработку данных проводили методами статистического анализа по Б. А. Доспехову [5].

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2005–2007, 2009 гг.) отличались как от средних многолетних, так и между собой. Так, 2005 г. характеризовался поздней и влажной весной, что отодвинуло сроки сева на 23 мая. Метеорологические условия июня, июля были близки с средним многолетним; сентябрь был сухим и теплым, что не способствовало быстрой мацерации льносоломы. Теплая погода в апреле 2006 г. способствовала быстрому созреванию почвы и проведению сева в оптимальные сроки; среднесуточная температура в августе была наиболее благоприятной для протекания процесса мацерации льносоломы. Вегетационный период 2007 г. характеризовался очень ранней весной; погодные условия в августе-сентябре негативно повлияли на вылежку льнотресты, которая продолжалась 45 сут и более. Метеорологические условия 2009 г. отличались повышенным количеством осадков, которые выпадали в виде ливневых дождей, сопровождавшихся шквалистыми ветрами, что вызывало раннее полегание посевов льна и тем самым негативно повлияло на формирование урожайности семян.

**Результаты и их обсуждение.** В среднем за годы исследований семенная продуктивность в контрольном варианте составила всего 5,8 ц/га (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Влияние препарата Биолиnum на урожайность семян льна-долгунца, ц/га

Вариант опыта	Урожайность семян				Среднее	± к контролю
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2009 г.		
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> – без обработки семян (контроль)	5,6	5,1	7,1	4,5	5,8	–
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ	6,0	5,8	8,2	4,9	6,5	+ 0,7
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	7,1	8,6	10,4	6,4	8,1	+ 2,3
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Биолиnum	6,8	7,8	9,9	5,8	7,6	+ 1,8
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	6,9	8,0	10,0	5,6	7,6	+ 1,8
K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	5,2	5,8	6,8	4,5	5,6	–0,9
НСР <sub>05</sub>	0,88	0,39	0,57	0,89	0,68	–

Протравливание семян фунгицидом Витавакс 200ФФ позволило дополнительно получить 0,7 ц/га. Включение в инкрустационный состав препарата Биолиnum на фоне оптимального минерального питания (N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>) повысило урожайность семян льна до 8,1 ц/га.

Применение микробиологического препарата при сниженных дозах азота на 10 кг/га д. в. и фосфора на 20 кг/га д. в. на фоне K<sub>90</sub> с добавлением фунгицида Витавакс 200ФФ оказалось эффективным, так как урожайность семян составила 7,6 ц/га (+1,8 ц/га к контролю). Полное исключение минерального азота и фосфора в питании растений, но с добавлением препарата Биолиnum при инкрустации семян отрицательно повлияло на урожайность семян льна, снизив ее на 0,9 ц/га по отношению к контролю.

Биометрические показатели растений льна, представленные в табл. 2, свидетельствуют, что в среднем за годы исследований в контрольном варианте количество коробочек на 1 растении составило 4,05 шт. с содержанием 5,58 шт. семян в каждой и масса 1000 семян – 4,2 г.

Таблица 2. Биометрические показатели семенной продуктивности льна

Вариант опыта	Количество коробочек на 1 растение, шт.	Количество семян на 1 растении, шт.	Количество семян в 1 коробочке, шт.	Масса 1000 семян, г
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> – без обработки семян (контроль)	4,05	22,6	5,58	4,2
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ	4,74	26,5	5,59	5,1
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	4,71	28,0	5,94	5,5
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Биолиnum	4,60	24,6	5,35	5,1
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	4,71	25,9	5,50	4,6
K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	4,10	24,3	5,92	4,2
НСР <sub>05</sub>	0,12	2,10	0,27	0,54

Обработка семян протравителем Витавакс 200ФФ способствовала увеличению количества коробочек на 0,69 шт., общего числа семян на 1 растении – на 3,9 шт. и массы 1000 семян – на 0,9 г по отношению к контрольному варианту.

Добавление препарата Биолиnum в инкрустирующий состав на фоне N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> обеспечило формирование до 4,71 шт. коробочек и 28 шт. семян на одном растении, масса 1000 семян составила 5,5 г.

Инокуляция семян льна-долгунца биопрепаратом оказала положительное влияние на формирование биометрических показателей: количество коробочек относительно контроля увеличилось на 0,55 шт., количество семян на 1 растении – на 2,0 шт., масса 1000 семян – на 0,9 г.

В варианте опыта со сниженными дозами минеральных удобрений (азота – на 10 кг/га д. в., а фосфора – на 20 кг/га д. в. при 90 кг/га K<sub>2</sub>O) и применением протравителя и микробиологического препарата не оказало выраженного отрицательного воздействия на биометрические показатели семенной продуктивности. Количество коробочек составило 4,71 шт., количество семян на 1 растении – 25,9, однако масса 1000 семян несколько снизилась по отношению к оптимальной (N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>) формуле питания растений льна.

Полное исключение азота и фосфора, но с добавлением при обработке семян фунгицида Витавакс 200ФФ и препарата Биолиnum показало близкие результаты с контролем: количество коробочек при обработке Биолиnum составило 4,10 шт. на растение, на контроле – 4,05 шт., а масса 1000 семян оказалась одинаковой – 4,2 г.

Анализ урожайности общего волокна (табл. 3), полученной за годы исследований, показал, что в контрольном варианте она составила 16,4 ц/га. При этом следует отметить ее варьирование по годам в зависимости от условий вегетационного периода. Так, в 2005 г. вследствие сложившихся погодноклиматических условий урожайность была на уровне 14,9 ц/га, а в благоприятном 2007 г. – 18,3 ц/га. Это связано с лучшими условиями для развития микроорганизмов, высокотребовательных к факторам окружающей среды, а также равномерным поступлением основных элементов питания в растения.

Таблица 3. Влияние биопрепарата Биолиnum на урожайность волокна, ц/га

Вариант опыта	Урожайность волокна								Среднее	
	2005 г.		2006 г.		2007 г.		2009 г.			
	общее	длинное	общее	длинное	общее	длинное	общее	длинное	общее	длинное
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> – без обработки семян (контроль)	14,9	8,5	15,8	9,4	18,3	11,4	16,7	9,6	16,4	9,7
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ	15,3	9,3	17,6	10,4	18,1	12,8	17,6	10,4	17,2	10,7
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	17,8	11,6	21,2	13,6	22,3	13,6	21,2	13,3	20,6	13,1
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Биолиnum	17,2	11,4	18,3	11,7	19,0	11,9	18,5	12,5	18,2	11,8
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	16,9	10,1	20,5	12,1	21,3	13,4	19,4	12,6	19,5	12,1
K <sub>90</sub> + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	14,7	7,5	15,8	8,4	16,0	8,7	16,2	8,7	15,5	8,3
НСР <sub>05</sub>	1,18	0,82	0,85	0,86	0,86	0,51	0,63	0,71	0,88	0,71

Обработка семян одним фунгицидом обеспечила прибавку в 0,8 ц/га. Несколько выше оказалась урожайность при применении фунгицида и препарата Биолиnum на том же фоне минераль-

ного питания, при этом урожайность общего волокна в среднем за годы исследований составила 20,6 ц/га, что выше контрольного варианта на 4,2 ц/га. Однако по годам исследований показатели урожайности общего волокна различались: от 17,8 ц/га в 2005 г. до 22,3 ц/га в 2007 г.

Применение препарата Биолиnum и протравителя Витавакс 200ФФ 2,0 л/т на фоне сниженных доз азота на 10 кг д. в. и фосфора на 20 кг д. в. ( $N_{20}P_{40}K_{90}$ ), способствовало увеличению урожайности общего волокна на 3,2 ц/га по сравнению с контрольным вариантом, урожайности длинного волокна – на 2,4 ц/га.

Полное исключение внесения минерального азота и фосфора из питания растений, но с добавлением в инкрустационный состав Витавакс 200ФФ и препарата Биолиnum оказалось недостаточно эффективным: урожайность общего волокна за годы исследований составила 15,5 ц/га, что на 0,9 ц/га ниже контроля.

Инокулирование семян бактериальным препаратом Биолиnum обеспечило урожайность 18,2 ц/га, где прибавка составила 1,8 ц/га.

Самый низкий выход длинного волокна по всем композициям получен в условиях 2005 г. В условиях 2006, 2007 и 2009 гг. отмечена более высокая урожайность длинного волокна – 8,3–13,6 ц/га. В среднем за годы исследований выход длинного волокна с 1 га посева составил 8,3–13,1 ц, в контрольном варианте (без обработки семян) – 9,7 ц/га. При протравливании фунгицидом урожайность длинного волокна составила 10,7 ц/га, что на 1,0 ц/га выше контроля.

Посев семян льна по одному калийному удобрению и обработка инкрустационной смесью на основе препарата Биолиnum и протравителя Витавакс 200ФФ привели к недобору урожайности длинного волокна 1,4 ц/га по отношению к контролю.

Анализ данных урожайности длинного волокна за годы исследований показал, что в варианте, где дозы азотных удобрений снижены на 10 кг д. в. и фосфорных на 20 кг д. в., при инкрустации семян протравителем Витавакс 200ФФ и биопрепаратом Биолиnum прибавка волокна составила 2,4 ц/га.

Результаты исследований согласуются с литературными сведениями о положительном влиянии невысоких стартовых доз минерального азота на формирование продуктивного ассоциативного симбиоза микроорганизмов и бактерий [6].

Инокуляция семян препаратом Биолиnum также способствовала повышению урожайности длинного волокна до 11,8 ц/га (прибавка составила 2,1 ц/га). Более высокий выход длинного волокна получен в варианте с протравителем Витавакс 200ФФ и препаратом Биолиnum на фоне оптимального минерального питания ( $N_{30}P_{60}K_{90}$ ), где выход длинного волокна в среднем за четыре года составил 13,1 ц/га.

Таким образом, очевидно, что новый препарат Биолиnum эффективно стимулирует рост и развитие растений льна и образование в них длинного волокна.

Анализ показателей качества волокна показал, что в контрольном варианте получено волокно с номером 10,8 (табл. 4). Обработка семян только фунгицидом Витавакс 200ФФ позволила увеличить по сравнению с контролем разрывную нагрузку на 29,7 Н, при этом сортономер волокна составил 11,8.

Т а б л и ц а 4. Влияние инкрустации семян льна биопрепаратом Биолиnum на качество длинного трепаного волокна

Вариант опыта	Горстевая длина, см	Группа цвета	Гибкость, мм	Разрывная нагрузка, Н	№ волокна
$N_{30}P_{60}K_{90}$ – без обработки семян (контроль)	60,8	3	41,0	170,8	10,8
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ	61,3	3	40,3	200,5	11,8
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	60,0	4	43,0	246,0	13,0
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Биолиnum	60,0	3	41,0	194,5	12,0
$N_{20}P_{40}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	62,3	3	42,5	202,5	12,0
$K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	59,3	3	38,5	159,8	10,5

Добавление в инкрустационную смесь препарата Биолиnum на различных фонах минерального питания оказало различное влияние на качественные показатели льноволокна. При применении препарата Биолиnum на фоне  $N_{30}P_{60}K_{90}$  средний номер длинного волокна за годы исследо-

ваний составил 13,0, что на 2,2 сортомера выше по отношению к контролю. Снижение доз минерального азота на 10 кг д. в. и фосфора на 20 кг д. в. ( $N_{20}P_{40}K_{90}$ ) не оказало отрицательного влияния на качественные показатели длинного волокна, обеспечив номер 12,0.

Исключение минерального азота и фосфора из питания растений льна-долгунца негативно повлияло на формирование качественных показателей длинного волокна: горстевая длина оказалась самой низкой из всех исследуемых вариантов и составила 59,3 см, гибкость – 38,5 см, разрывная нагрузка – 159,8 Н, номер волокна – 10,5 ед.

**Заключение.** Результаты морфологических показателей семенной продуктивности растений льна-долгунца дают основание полагать, что применение биологического препарата Биолиnum как на фоне  $N_{30}P_{60}K_{90}$ , так и при снижении доз минерального азота на 10 кг/га и фосфора на 20 кг/га ( $N_{20}P_{40}K_{90}$ ) способствует формированию коробочек 4,71 шт, количество семян 25,9–28,0 шт. и увеличивает массу 1000 семян до 4,6–5,5 г. Из этого следует, что микробиологический бинарный препарат Биолиnum эффективен и обработка им позволяет снизить дозы минерального азота на 10 кг д. в. и фосфора на 20 кг д. в. без потери значительной части урожая, однако не может полностью заменить их в минеральном питании растений льна-долгунца.

Препарат Биолиnum в комплексе протравителем Витавакс 200ФФ на фоне  $N_{30}P_{60}K_{90}$  обеспечивает урожайность общего волокна 20,6 ц/га, длинного – 13,1 ц/га с номером 13,0; на фоне снижения минерального питания азота на 10 кг д. в. и фосфора на 20 кг д. в. – общего 19,5 ц/га, длинного – 12,1 ц/га с номером 12,0.

Исходя из анализа комплекса качественных показателей более предпочтительна предпосевная обработка семян препаратами Биолиnum, в результате которой формируются более тонкие и длинные волокна с достаточно высокой прочностью и хорошей гибкостью. Это привело к повышению номера длинного трепаного волокна по отношению к контролю на 2,2 ед.

## Литература

1. *Миронов, Е. Д.* Причины отрицательного влияния повышенных доз азотных удобрений на растения льна-долгунца / Е. Д. Миронов // Вес. Акад. наук БССР. Сер. с.-х. наук. – 1982. – № 1. – С. 54–61.
2. *Суховицкая, Л. А.* Значение микробиологических средств интенсификации растениеводства в повышении эффективности аграрного производства / Л. А. Суховицкая // Докл. междунар. науч. конф. по проблемам адаптивной интенсификации земледелия с участием ученых Беларуси, России, Литвы, Латвии, Германии, Украины; Жодино, февр. 1998 г. – Жодино, 1998. – С. 81–84.
3. Минеральное питание и продуктивность льна-долгунца при обработке семян бактериальными препаратами / Г. А. Воробейков [и др.] // Агрохимия. – 1996. – № 8–9. – С. 28–34.
4. *Алещенкова, З. М.* История и перспективы использования микробных удобрений / З. М. Алещенкова / Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 61–66.
5. *Доспехов, Б. А.* Методика полевого опыта: учеб. пособие для вузов / Б. А. Доспехов. – М., 1985. – 352 с.
6. Льноводство: реалии и перспективы / И. А. Голуб [и др.] // Сб. науч. материалов междунар. науч.-практ. конф.; РУП «Институт льна». – Устье, 2008. – 408 с.

*I. A. GOLUB, O. A. ERMOLOVICH*

## EFFECTIVENESS OF THE INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATION BIOLINUM ON CROPS OF FIBRE FLAX AT DIFFERENT LEVELS OF MINERAL NUTRITION

### Summary

The article states the results of research of influence of biological bacterial preparation Biolinum with different doses of mineral fertilizers on the yield and structural indices of seeds and fiber of flax. Presow incrustation of seeds with fungicide Vitavaks 200FF and Biolinum has a positive effect on the increase of seed production, yield of flax fiber: increase of the yield of fiber flax seeds is 2.3 c/ha, of fiber – 20.6 c/ha, of long fiber – 13.1 c/ha.