

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ И АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ

Дж. Ньямбосе (Замбия) С.Н. Сапожников, к.с.-х.н., Л.С. Чернова, к.с.-х.н., М.А. Ипполитов, А.А. Завалин, акад. РАН, ФГБНУ «ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова»  
127434, Москва, ул. Прянишникова, д. 31а, [zavalin.52@mail.ru](mailto:zavalin.52@mail.ru)

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 22-26-00105, <https://rscf/project/22-26-00105/>.

Представлены результаты трехлетних исследований по оценке эффективности применения новых микробных препаратов на разных фонах минерального питания яровой пшеницы. Инокуляция семян биопрепаратами на 21-39% увеличивает массу зерна на РК-фоне, прибавка от биопрепарата V417 достигает 39% к фону, от штамма V167 – 30%, от стандартного Ч-13 – 21%. От внесения  $N_{45}$  урожайность возрастает на 46 %, от  $N_{90}$  – на 58%. От биопрепаратов на НРК-фоне достоверных прибавок урожайности не получено. Биопрепараты на основе штаммов Ч-13, V167 и V417 оказывали положительное влияние на изучаемые показатели: Кхоз., продуктивную кустистость, длину колоса, массу 1000 зерен, накопление азота и фосфора в зерне, окупаемость азота удобрений прибавкой урожайности зерна, количество созданного зерна на 1 кг потребленного N. При этом наиболее эффективным был препарат на основе эндофитного штамма V417. В результате роста урожайности зерна и массы соломы при использовании азотного удобрения и биопрепаратов увеличивался вынос азота, фосфора и калия, что привело к отрицательному балансу элементов питания.

В опыте наиболее эффективным был препарат на основе эндофитного штамма V417.

Ключевые слова: биопрепараты, эндофитные бактерии, азотное удобрение, яровая пшеница, урожайность

Для цитирования: Ньямбосе Дж., Сапожников С.Н., Чернова Л.С., Ипполитов М.А., Завалин А.А. Эффективность применения биопрепаратов и азотного удобрения на яровой пшенице// Плодородие. - 2023. – №4. – С. 82-86.  
DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.20.

Эффективность инокуляции семян яровой пшеницы изучали двумя новыми биопрепаратами (БП) на основе эндофитных бактерий. Первый - V 417 создан ВНИИСХМ на основе штамма *Bacillus subtilis*, он обладает ростстимулирующим эффектом и выраженной фунгицидной активностью против спектра фитопатогенных грибов. Второй – V 167 на основе штамма *Bacillus amyloliquefaciens* также обладает фитостимулирующим эффектом по отношению к различным сельскохозяйственным культурам [1-3]. В качестве стандарта использовали биопрепарат Экстрасол на основе штамма *Bacillus subtilis* Ч-13. Бактерии, входящие в состав всех трех изучаемых препаратов, способны фиксировать атмосферный азот и преобразовывать его в доступные для усвоения растениями формы, улучшая тем самым их азотное питание [4-6].

**Цель исследований** – определить эффективность применения новых микробных биопрепаратов на основе штаммов эндофитных бактерий при разных фонах минерального питания на яровой пшенице.

**Методика.** Исследования по изучению действия биопрепаратов и азотного удобрения проводили в 2020-2022 г. на темно-серой лесной почве в микрополе в опыте в сосудах 0,25 м × 0,25 м без дна площадью 0,0625 м<sup>2</sup> на Опытной станции ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова в Московской области. Подробная методика выполнения исследований приведена в статье [7]. Азотное удобрение вносили в дозах, эквивалентных  $N_{45}$  и  $N_{90}$  – <sup>15</sup>Naа 0,28 г и 0,56 г N/сосуд, это соответствует 4,5 и 9,0 г/м<sup>2</sup>, или 45 и 90 кг д.в./га. Фосфорное и калийное – в виде Рсд и Кх – по 0,28 г Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и К<sub>2</sub>O на сосуд, или 45 кг д.в./га. Применяли меченую в обеих группах аммиачную селитру (<sup>15</sup>NH<sub>4</sub><sup>15</sup>NO<sub>3</sub>) с обогащением 47,5 ат. %.

Состояние баланса элементов питания оценивали по показателю интенсивности, который выражается (в процентах) отношением поступления элементов питания к

выносу. Данный показатель может быть меньше 100% (дефицитный баланс), равен 100% (бездефицитный баланс) и больше 100 % (положительный баланс). Для азота интенсивность баланса должна быть около 100%, по фосфору и калию около 110-80 %.

В опыте высевали среднеспелый сорт яровой пшеницы Злата. Закладку опыта, отбор проб почвы и растений проводили согласно методике [8]. Расположение сосудов рендомизированное, повторность 4-кратная. Погодные условия в период вегетации яровой пшеницы различались по годам исследований по количеству атмосферных осадков и среднесуточным температурам воздуха.

**Результаты и их обсуждение.** Урожайность зерна яровой пшеницы несколько различалась по годам проведения опыта, что связано с погодными условиями. В 2020 г. максимальная общая прибавка от использования биопрепаратов и азотного удобрения по отношению к фону с внесением фосфорного и калийного удобрений составила 54% (табл. 1). От биопрепаратов урожай зерна на РК – фоне возрос на 18-43%. Максимальный эффект от инокуляции, равный 43%, получен при использовании биопрепарата на основе штамма V417. Применение  $N_{45}$  повысило урожайность на 49%, увеличение дозы до  $N_{90}$  – еще на 5%. В этот год эффекта от использования всех биопрепаратов на НРК-фоне не выявлено.

В 2021 г. урожайность зерна в результате инокуляции семян биопрепаратами увеличилась на 31-41% по отношению к РК-фону. Максимальный эффект (41%) от применения биопрепарата на основе штамма V417 был равен прибавке урожайности при внесении под яровую пшеницу  $N_{45}$  (42%). Эффективность препаратов на основе штаммов Ч-13 и V167 была ниже – 31-34%. Удвоение дозы азота до  $N_{90}$  достоверно повысило урожайность зерна еще на 15%. На фоне с внесенным  $N_{45}$

положительный эффект получен от биопрепаратов на основе штаммов Ч-13 (8%) и V 167 (6,5%).

В 2022 г. увеличение урожайности зерна от N<sub>45</sub> составило 46% к РК- фону, от N<sub>90</sub> достигло 61%. На РК-фоне достоверная прибавка получена от всех изучаемых

биопрепаратов, которая составила от 14 до 33%. В этот год биопрепараты на основе штаммов V167 (+ 27%) и V417 (+ 33%) были эффективнее стандартного препарата Ч-13 (+ 14%).

#### 1. Урожайность и прибавка урожая зерна яровой пшеницы при внесении азотного удобрения и инокуляции семян микробными биопрепаратами, г/м<sup>2</sup>

Вариант	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Среднее за 3 года	
	урожай- ность	прибавка от N удобрения / от биопрепарата	урожай- ность	прибавка от N удобрения / от биопрепарата	урожай- ность	прибавка от N удобрения / от биопрепарата	урожай- ность	прибавка от N удобрения/ био- препарата
РК-фон (Ф)	354	- / - *	269	- / - *	362	- / - *	328	- / - *
Ф + БП Ч-13	417	- / 63	362	- / 93	413	- / 51	397	- / 69
Ф + БП V167	464	- / 110	353	- / 84	458	- / 96	425	- / 97
Ф + БП V417	507	- / 153	380	- / 111	482	- / 120	456	- / 128
Ф + N <sub>45</sub>	528	174 / -	382	113 / -	528	166 / -	479	151 / -
Ф + N <sub>45</sub> + БП Ч-13	546	174 / 18**	413	113 / 31**	533	166 / 5**	497	151 / 18**
Ф + N <sub>45</sub> + БП V167	522	174 / -	407	113 / 25	530	166 / 2	486	151 / 7
Ф + N <sub>45</sub> + БП V417	515	174 / -	385	113 / 3	539	166 / 11	480	151 / 1
Ф + N <sub>90</sub>	546	192 / 18***	422	153 / 40***	583	221 / 55***	517	189 / 38***
НСР <sub>05</sub>	50	-	16	-	16	-	19	-

\*Числитель – прибавка от удобрений к фону, знаменатель – прибавка от БП к фону.

\*\*Числитель – прибавка от удобрений к варианту Ф + N<sub>45</sub>, знаменатель – прибавка от БП к варианту Ф + N<sub>45</sub>.

\*\*\*Числитель – прибавка от удобрений к фону, знаменатель – прибавка от удобрений к Ф + N<sub>45</sub>. БП – биопрепарат.

При изучении влияния доз азотного удобрения, биопрепаратов и погодных условий в опыте установлено, что в среднем за три года урожайность зерна яровой пшеницы на среднекультуренной темно-серой лесной почве на РК-фоне составила 328 г/м<sup>2</sup> (3,3 т/га), за счет внесения N-удобрения в дозе N<sub>45</sub> она возросла на 46 %, от N<sub>90</sub> – на 58% (5,2 т/га) (табл. 1). Прибавки от применения биопрепаратов на РК-фоне достигали 21-39%, при этом максимальная прибавка получена от биопрепарата на основе V417, прибавка от штамма V167 составила 30%. Оба эти штамма по эффективности действия на урожайность зерна яровой пшеницы превышали стандартный Ч-13. Прибавка от препарата V417 на РК – фоне незначительно уступала внесению N<sub>45</sub> (прибавка 46%). Увеличение дозы до N<sub>90</sub> повысило урожайность зерна яровой пшеницы еще на 8% к N<sub>45</sub>. При использовании биопрепаратов на фоне полного минерального удобрения полученные прибавки урожайности не достоверны.

Методом дисперсионного анализа определены доли влияния исследуемых факторов на урожайность зерна яровой пшеницы, равные 89,1%. На долю N-удобрения и биопрепаратов приходится 45%, на погодные условия в период вегетации – 40,6, на их взаимодействие – 3,5 %. Во все годы исследований преобладающее влияние на урожайность зерна оказывали дозы азотного удобрения и используемые для инокуляции микробные биопрепараты, созданные на основе штаммов эндофитных (V167 и V417) и ассоциативных (Ч-13) бактерий.

При внесении под яровую пшеницу N-удобрения и при инокуляции семян биопрепаратами масса как зерна, так и соломы возрастала и незначительно различалась по годам проведения опыта. Это связано с воздействием на рост и развитие растений неодинаковых по годам погодных условий. Основное влияние на формирование массы побочной продукции оказали изучаемые факторы – биопрепараты и удобрения, а также погодные условия.

Наши исследования показали, что значение хозяйственного коэффициента (K<sub>хоз.</sub>) в урожае яровой пшеницы изменялось слабо (табл. 2).

#### 2. Элементы структуры урожая яровой пшеницы сорта Злата при использовании азотного удобрения и микробных биопрепаратов (в среднем за 3 года)

Вариант	K <sub>хоз.</sub>	Высота расте- ний, см	Продуктив- ная кустис- тость, шт/раст.	Длина колоса, см	Масса 1000 зе- рен, г
РК-фон (Ф)	0,40	105	1,00	6,95	39,5
Ф + БП Ч-13	0,41	114	1,13	7,62	42,7
Ф + БП V167	0,44	114	1,14	7,36	42,3
Ф + БП V417	0,44	113	1,12	7,68	43,3
Ф + N <sub>45</sub>	0,44	113	1,09	7,53	44,0
Ф + N <sub>45</sub> + БП Ч-13	0,45	112	1,19	7,64	41,2
Ф + N <sub>45</sub> + БП V167	0,45	113	1,13	7,59	43,0
Ф + N <sub>45</sub> + БП V417	0,44	112	1,12	7,46	43,1
Ф + N <sub>90</sub>	0,47	114	1,14	7,61	43,5
НСР <sub>05</sub>	0,04	6	0,11	0,31	2,2

В среднем за три года проведения опыта достоверное увеличение K<sub>хоз.</sub> получено при внесении под яровую пшеницу N<sub>90</sub>, а также при использовании биопрепаратов на основе штаммов Ч-13, V167 и V417 на фоне полного минерального удобрения.

При изменении условий минерального питания растений за счет внесения N-удобрения и применения биопрепаратов наблюдается увеличение высоты растений, что может быть связано с ростостимулирующим действием микроорганизмов и улучшением азотного питания растений. В среднем за три года на обеих дозах N-удобрения высота растений яровой пшеницы увеличилась на 8-9 см. На такую же величину возрастала высота растений при инокуляции семян всеми изучаемыми биопрепаратами на РК-фоне. На НРК-фоне исследуемые инокулянты не влияли на высоту растений.

Яровая пшеница характеризуется слабой кустистостью, которая в свою очередь может определяться воздействием погодных условий в фазе кущения. Показано, что практически во все годы проведения опыта продуктивная кустистость формировалась относительно близкой по всем вариантам и в среднем за три года была в пределах 1,00-1,14 шт/раст. (см. табл. 2). Достоверно рост этого показателя получен при выращивании яровой пшеницы с использованием изучаемых биопрепаратов на РК – фоне

(прибавки составили 0,12-0,14), увеличение этого показателя наблюдалось также при внесении  $N_{90}$ .

Длина колоса яровой пшеницы изменялась от 6,95 см (РК-фон) до 7,68 см (БП V417). За счет биопрепаратов длина колоса на РК-фоне увеличилась на 11%, от внесения  $N_{45}$  – на 8%. На фоне с внесением  $N_{45}$  длина колоса от используемых биопрепаратов не изменялась.

В среднем за три года масса 1000 зерен по вариантам опыта изменялась от 39,5 до 44,0 г (см. табл. 2). Минимальная масса 1000 зерен сформирована на РК-фоне (39,5 г), в результате внесения азотного удобрения в дозах  $N_{45}$  и  $N_{90}$  она возрастала до 44,0 и 43,5 г соответственно. Все изучаемые в опыте биопрепараты обеспечили на фоне РК-удобрений увеличение массы 1000 зерен яровой пшеницы на 7-10%. При внесении  $N_{45}$  положительного влияния биопрепаратов на массу 1000 зерен не выявлено.

В среднем за три года содержание азота в зерне колебалось от 2,18 до 2,44%. При использовании биопрепаратов содержание азота в зерне по отношению к РК-фону не изменялось, прибавки составили 0,02-0,08%, что соответствовало значению, полученному при внесении под яровую пшеницу азотного удобрения в дозе  $N_{45}$ . При внесении  $N_{90}$  содержание азота в зерне по отношению к РК-фону увеличилось на 0,26%, что можно считать достоверным, исходя из того, что оно (увеличение) составило 12 относительных процентов. При выращивании семян, инокулированных биопрепаратами, на фоне  $N_{45}$  отмечена положительная тенденция к росту содержания азота в зерне на 0,12-0,19% к РК-фону.

Таким образом, в зерне яровой пшеницы возрастает содержание азота при внесении удобрения в дозе  $N_{90}$ . От применения биопрепаратов содержание азота в зерне имеет тенденцию к росту на фоне с внесением полного минерального удобрения.

Под воздействием биопрепаратов и N-удобрения накопление азота в зерне и соломе яровой пшеницы возрастало в 1,2-1,7 раз по отношению к РК-фону (табл. 3). Около 70-74% азота от общего накопления урожаем локализовалось в зерне и 30-26% – в соломе. Накопление азота в зерне увеличивается на 3-4 % при использовании биопрепаратов и  $N_{45}$ , что можно рассматривать как положительную тенденцию.

### 3. Накопление азота, фосфора и калия в урожае яровой пшеницы (среднее за 3 года), г/м<sup>2</sup>

Вариант	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	зерно	зерно + солома	зерно	зерно + солома	зерно	зерно + солома
РК-фон (Ф)	7,12	10,32	2,10	3,66	1,79	8,64
Ф + БП Ч-13	8,72	12,46	2,72	4,10	2,29	10,01
Ф + БП V167	9,56	13,06	2,62	4,04	2,58	10,64
Ф + БП V417	10,09	13,74	3,14	4,77	2,52	10,02
Ф + $N_{45}$	10,60	14,36	3,43	5,07	2,68	10,66
Ф + $N_{45}$ + БП Ч-13	11,34	15,57	3,70	5,24	2,90	11,35
Ф + $N_{45}$ + БП V167	11,58	15,85	3,87	5,26	2,84	10,89
Ф + $N_{45}$ + БП V417	11,69	15,83	3,46	5,17	2,61	11,00
Ф + $N_{90}$	12,51	17,11	3,75	5,52	2,87	11,00
НСР <sub>05</sub>	2,02	2,55	0,60	1,10	0,71	1,94

В среднем за три года накопление фосфора при использовании N-удобрения и биопрепаратов увеличилось в 1,5 раза. Инокуляция семян биопрепаратами Ч-13 и V167 на РК-фоне не повлияла на этот показатель. При использовании штамма V417 на РК-фоне получено достоверное увеличение на 30%. Использование

биопрепаратов на фоне с внесением  $N_{45}$  не влияло на накопление фосфора. Фосфор преимущественно локализовался в зерне (57-74%). Все биопрепараты и азотное удобрение увеличивали на 9-16% долю P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в зерне от общего его накопления в урожае яровой пшеницы.

При внесении  $N_{45}$  и  $N_{90}$  накопление калия в урожае яровой пшеницы увеличивалось в 1,27 раза (табл. 3), что связано с формированием более высокой массы зерна и соломы. На РК-фоне инокуляция семян изучаемыми в опыте биопрепаратами повысила накопление K<sub>2</sub>O в урожае яровой пшеницы в 1,16-1,23 раза, что равноценно росту, достигнутому при внесении  $N_{45}$ . На фоне с внесением полного минерального удобрения увеличения накопления калия в урожае от биопрепаратов не выявлено. Калий локализуется преимущественно в соломе, в зерне его было менее 1/3 от потребленного растениями. За счет биопрепаратов и азотного удобрения в обеих дозах в зерне возрастало накопление калия от общего его выноса урожаем с 26 до 30-35%.

Определение КИН с применением метода изотопной индикации (<sup>15</sup>N) показало, что при внесении на РК-фоне азотного удобрения в дозах  $N_{45}$  и  $N_{90}$  растения яровой пшеницы использовали на формирование урожая 46 и 42 % дозы соответственно. Инокуляция семян биопрепаратами увеличивала КИ<sup>15</sup>N на 5-7%.

Применение биопрепаратов повышало количество созданного зерна на 1 кг потребленного N (табл. 4), при этом наиболее эффективным был препарат на основе эндофитного штамма V417, который по действию соответствовал  $N_{45}$ , обеспечивая 33,2 кг зерна на 1 кг потребленного азота. При применении биопрепаратов на фоне с внесением  $N_{45}$  этот показатель снижается до 30,3-31,9 кг зерна, что равноценно внесению  $N_{90}$ . Связано это с тем, что биопрепараты обеспечивали большее использование азота почвы для формирования урожая, в то время как при внесении N-удобрения за счет лучшего обеспечения растений азотом, положительного влияния биопрепаратов не выявлено. При инокуляции семян на фоне РК-удобрений возрастает на 1,7-7,5 кг количество созданного зерна на 1 кг потребленного K<sub>2</sub>O. Более эффективным был биопрепарат, созданный на основе эндофитного штамма V417.

На РК-фоне применение биопрепаратов увеличивало количество созданного зерна на 1 кг потребленных N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O яровой пшеницей с 14,5 до 16,0 кг. Установлено, что на фоне с внесением  $N_{45}$  положительного эффекта от биопрепаратов не получено. Это свидетельствует о том, что микроорганизмы улучшают минеральное питание растений без внесения N-удобрения, а при применении  $N_{45}$  их эффективность ослабевает.

Использование биопрепаратов для инокуляции семян яровой пшеницы положительно отразилось на прибавке урожая зерна, созданной на 1 кг потребленных растениями элементов питания. На РК-фоне этот показатель составлял 1,4 кг на 1 кг N, при этом более эффективным был препарат V 417. При внесении  $N_{45}$  эффекта от биопрепаратов не получено. На 1 кг потребленного растениями P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> прибавки массы зерна на РК-фоне составляли 6,0-15,6 кг, на фоне  $N_{45}$  – 2,8-4,9 кг. При этом в первом случае эффективнее был БП V167, во втором – стандартный Ч-13. На 1 кг потребленного яровой пшеницей калия дополнительные прибавки урожая зерна на РК-фоне составили 1,7-7,5 кг, а при внесении  $N_{45}$  эффект от биопрепаратов – 5,6-6,6 кг.

#### 4. Выход зерна яровой пшеницы на 1 кг выноса основных элементов питания надземной биомассой (в среднем за 3 года), кг

Вариант	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		N, P, K	
	значение	± к фону	значение	± к фону	значение	± к фону	значение	± к фону
РК - фон (Ф)	31,8	0,0	89,6	0,0	38,0	0,0	14,5	0,0
Ф + БП Ч-13	31,9	0,1	96,8	7,2	39,7	1,7	14,9	0,4
Ф + БП V167	32,5	0,7	105,2	15,6	39,9	1,9	15,3	0,8
Ф + БП V417	33,2	1,4	95,6	6,0	45,5	7,5	16,0	1,5
Ф + N <sub>45</sub>	33,4	1,6	94,5	4,9	44,9	6,9	15,9	1,4
Ф + N <sub>45</sub> + БП Ч-13	31,9	0,1	94,8	5,2	43,8	5,8	15,5	1,0
Ф + N <sub>45</sub> + БП V167	30,7	-1,1	92,4	2,8	44,6	6,6	15,2	0,7
Ф + N <sub>45</sub> + БП V417	30,3	-1,5	92,8	3,2	43,6	5,6	15,0	0,5
Ф + N <sub>90</sub>	30,2	-1,6	93,7	4,1	47,0	9,0	15,4	0,9
НСП <sub>05</sub>	0,8	-	4,5	-	1,9	-	0,7	-

Показатель выноса питательных веществ единицей урожая с учетом побочной продукции используют для расчётов доз минеральных удобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических зонах. Согласно [9], вынос 1 т зерна яровой пшеницы с соответствующим количеством соломы составляет 31,5 кг N, 10,6 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 21,0 кг K<sub>2</sub>O. В нашем опыте биопрепараты не изменяли вынос азота на РК- фоне, на NPK-фоне – увеличивали его на 5-10%.

Исследуемые биопрепараты не увеличивали вынос фосфора и калия 1 единицей зерна с учетом побочной продукции.

При выращивании сельскохозяйственных культур для обеспечения растений элементами питания и сохранения плодородия почвы необходим возврат отчуждаемых NPK из почвы. Внесение под яровую пшеницу азотного удобрения в дозах N<sub>45</sub> и N<sub>90</sub> не обеспечило формирование положительного хозяйственного баланса этого элемента. При использовании биопрепаратов также сохранялся отрицательный баланс азота. При определении значения хозяйственного баланса азота в расчетах учитывали приход этого элемента с удобрением и не принимали во внимание потребление биологического азота, образовавшегося при применении микробных препаратов на основе ассоциативных diaзотрофов. С учетом потребления растениями яровой пшеницей ассоциативного азота (20% в общем выносе) хозяйственный баланс азота становится менее отрицательным.

На фоне с внесением РК - удобрений при использовании биопрепаратов формировался положительный хозяйственный баланс фосфора, кроме биопрепарата на основе штамма V417. При применении биопрепаратов на фоне полного минерального удобрения (NPK) как и при внесении обеих доз азотного удобрения хозяйственный баланс P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в темно-серой лесной почве отрицательный. В результате роста урожайности зерна и массы соломы при использовании азотного удобрения и биопрепаратов возрастал вынос азота, фосфора и калия, что привело к формированию отрицательного баланса элементов питания.

В наших исследованиях интенсивность баланса по азоту (31-28%) и калию (52,1-39,6%) оценивается как недопустимая, по фосфору (123-81,5%) – как допустимая.

Важным показателем эффективности применения удобрений служит их окупаемость прибавкой урожая зерна. В работе [10] показано, что при использовании активных штаммов ассоциативных и эндофитных бактерий, возрастает окупаемость вносимого азота удобрений прибавкой урожайности. В условиях данного опыта при применении биопрепаратов на основе штаммов Ч-13 и

V167 окупаемость 1 кг N, внесенного в составе Naa, возрастала с 33,6 кг при N<sub>45</sub> до 37,6 и 35,1 кг зерна соответственно, от штамма V 417 она оставалась такой же как при внесении – 33,8 кг/кг. При инокуляции семян биопрепаратами увеличивалась окупаемость зерном 1 кг азотного удобрения, при этом более значимой она была по стандартному биопрепарату.

#### 5. Баланс основных элементов питания в темно-серой лесной почве при выращивании яровой пшеницы (в среднем за 3 года)

Вариант	Хозяйственный баланс, г/м <sup>2</sup>			Интенсивность баланса, %		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
РК-фон (Ф)	-10,32	0,84	-4,14		123,0	52,1
Ф + биопрепарат Ч-13	-12,46	0,40	-5,51		109,8	45,0
Ф + биопрепарат V 167	-13,06	0,46	-6,14		111,4	42,3
Ф + биопрепарат V 417	-13,74	-0,27	-5,52		94,3	44,9
Ф + N <sub>45</sub>	-9,86	-0,57	-6,16	31,3	88,8	42,2
Ф + N <sub>45</sub> +биопрепарат Ч 13	-11,07	-0,74	-6,85	28,9	85,9	39,6
Ф + N <sub>45</sub> +биопрепарат V 167	-11,35	-0,76	-6,39	28,4	85,6	41,3
Ф + N <sub>45</sub> +биопрепарат V 417	-11,33	-0,67	-6,50	28,4	87,0	40,9
Ф + N <sub>90</sub>	-8,11	-1,02	-6,50	52,6	81,5	40,9

**Заключение.** Инокуляция семян яровой пшеницы биопрепаратами увеличивает урожай зерна по отношению к РК-фону: БП на основе штамма эндофитных бактерий *Bacillus subtilis* V 417 на 39%, штамма *Bacillus atyloliquefaciens* V 167 – на 30, стандартный биопрепарат на основе штамма *Bacillus subtilis* Ч-13 – на 21%. На фоне с внесением полного минерального удобрения (N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>) достоверного увеличения урожая от инокуляции семян биопрепаратами не выявлено. Прибавки урожая зерна от применения азотного удобрения в дозе N<sub>45</sub> достигают 46%. Увеличение дозы в 2 раза обеспечивает максимальный рост урожайности зерна яровой пшеницы в опыте – 57%.

Доля зерна в биомассе яровой пшеницы достоверно увеличивается при внесении азотного удобрения в дозах N<sub>45</sub> и N<sub>90</sub>, а также при использовании биопрепаратов на фоне полного минерального удобрения.

При посеве инокулированными семенами повышается продуктивная кустистость яровой пшеницы на 0,12-0,14 ед., высота растений на 8-9 см, на РК-фоне увеличивается длина колоса на 0,41-0,73 см, что не уступает дозе N<sub>45</sub>. Все изучаемые в опыте биопрепараты на фоне РК – удобрений повышали массу 1000 зерен яровой пшеницы на 2,8-3,8 г.

Применение удобрений и биопрепаратов повышает накопление азота в зерне и соломе яровой пшеницы в 1,2-1,7 раз по отношению к РК-фону, при этом 70-74%

азота локализуется в зерне. Биопрепараты V 417 и V 167 на РК-фоне увеличивают количество азота в зерне на 4%, внесение азотного удобрения в дозе N<sub>45</sub> – на 5%, что можно считать положительной тенденцией. Накопление фосфора в урожае от применения N-удобрения возрастает в 1,5 раза, при использовании штамма V417 на РК-фоне – в 1,3 раза. Биопрепараты и азотное удобрение увеличивают накопление фосфора в зерне на 7,5-16%. На РК-фоне инокуляция семян биопрепаратами повышает накопление K<sub>2</sub>O в урожае яровой пшеницы в 1,16 – 1,23 раза. Накопленный калий локализуется преимущественно в соломе, в зерне накапливается менее 1/3 потребленного растениями калия.

Инокуляция семян изучаемыми биопрепаратами увеличивает КИ<sup>15</sup>N на 5-7%.

Применение биопрепаратов повышает количество созданного зерна на 1 кг потребленного N. При этом наиболее эффективным был препарат на основе эндофитного штамма V 417, который по действию соответствует азотному удобрению в дозе N<sub>45</sub>, обеспечивая получение 33,2 кг зерна на 1 кг потребленного азота.

Биопрепараты не повышают вынос азота, фосфора и калия на РК- фоне, на NPK-фоне – увеличивают вынос азота на 5-10%.

В результате роста урожайности зерна и массы соломы при использовании азотного удобрения и биопрепаратов возрастает вынос азота, фосфора и калия, формируется отрицательный баланс элементов питания.

Инокуляция семян биопрепаратами увеличивает окупаемость зерном 1 кг азотного удобрения, максимальная окупаемость в опыте отмечена при применении стандартного биопрепарата на основе штамма Ч-13.

#### Литература

1. Mendes R., Garbeva P., Raaijmakers J.M. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms // FEMS microbiology reviews. – 2013. – Vol. 37, No 5. – P. 634–663.
2. Shcherbakova E.N., Shcherbakov A.V., Andronov E.E., Gonchar L.N., Kalenskaya S.M., Chebotar V.K. Combined pre-seed treatment with microbial inoculants and Mo nanoparticles changes composition of root exudates and rhizosphere microbiome structure of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants // Symbiosis. – 2017. – Vol. 73, No. 1. – P. 57–69.
3. Чеботарь В.К., Заплаткин А.Н., Щербakov А.В., Мальфанова Н.В., Старцева А.А., Костин Я.В. Микробные препараты на основе эндофитных и ризобактерий, которые перспективны для повышения продуктивности и эффективности использования минеральных удобрений у ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и овощных культур // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 3. – С. 335-342.
4. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 3. – С. 3–9.
5. Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H., Gobi T.A. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for the managing phosphorus deficiency in agricultural soils // Springer-Plus. – 2013. – Vol. 2 (587). – P. 1–14.
6. Электронный ресурс: <http://kniga.seluk.ru/k-mehanika/1095608-1-effektivnost-primeneniya-biopreparata-ekstrasol-moskva-2007-rossiyskaya-akademiya-selskhozaystvennih-nauk-vs-rp>. Дата обращения 04.04.2022
7. Завалин А.А., Ньямбосе Д., Чернова Л.С., Баганова М.Е., Сапожников С.Н., Ипполитов М.А. Использование яровой пшеницей азота удобрения при инокуляции семян биопрепаратами // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 6. – С. 9-13.
8. Оценка эффективности микробных препаратов в земледелии / Под ред. А.А. Завалина. – М.: РАСХН, 2000. – 82 с.
9. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами / Под ред. Р.Н. Поповой – М.: Тип. МСХА, 1991. – 68 с.
10. Алферов А.А. Ассоциативный азот, урожай и устойчивость агро-экосистемы. – М.: РАН, 2020. – 184 с.

#### THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF BIOPREPARATIONS AND NITROGEN FERTILIZER ON SPRING WHEAT

*J. Nyambose, S.N. Sapozhnikov, Candidate of Agricultural Sciences, L.S. Chernova, Candidate of Agricultural Sciences, M.A. Ippolitov, A.A. Zavalin, Acad. RAS, FGBNU «VNII Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov».*

*127434, Moscow, Pryanishnikov str 31a.*

[zavalin.52@mail.ru](mailto:zavalin.52@mail.ru)

*The research was funded by the Russian Science Foundation (project № 22-26-00105), <https://rscf/project/22-26-00105/>.*

*The research presents the results of three-year studies to evaluate the effectiveness of new microbial preparations on different backgrounds of mineral nutrition of spring wheat. Seed inoculation with biopreparations increased grain weight on PK-background by 21 – 39%, the increase from biopreparation V417 reached 39% to the background, from strain V167 – 30% and the standard one Ch-13 – 21%. When N<sub>45</sub> application rate was applied, the yield increased by 46% and from N<sub>90</sub> application rate – by 58%. From biopreparations on NPK-background reliable yield increase was not obtained. Biopreparations based on strains Ch-13, V167 and V417 had a positive effect on the studied indicators: economic ratio, productivity of bushiness, ear length, weight of 1000 grains, accumulation of nitrogen and phosphorus in the grain, payback of nitrogen fertilizers by increasing grain yields and the amount of grain created per 1 kg of consumed N. In this case, the most effective was the biopreparation based on endophytic strain V417. As a result of the increase in grain yield and straw weight with the use of nitrogen fertilizer and biopreparations, the removal of nitrogen, phosphorus and potassium increased, which led to a negative balance of nutritional elements. In the experiment the most effective biopreparation was based on the endophytic strain V417.*

*Keywords: biopreparations, endophytic bacteria, nitrogen fertilizer, spring wheat, yield.*