

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ НА ЭФФЕКТИВНОЕ ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ

© 2019 г. Н. Н. Шулико<sup>1,\*</sup>, О. Ф. Хамова<sup>1</sup>, Н. А. Воронкова<sup>1,2,\*\*</sup>,  
Е. В. Тукмачева<sup>1</sup>, В. Д. Дороненко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Омский аграрный научный центр  
644012 Омск, просп. Королева, 28, Россия

<sup>2</sup> Омский государственный технический университет  
644050 Омск, просп. Мира, 11, Россия

E-mail: shuliko-n@mail.ru

\*\*E-mail: voronkova.67@bk.ru

Поступила в редакцию 15.05.2018 г.

После доработки 29.05.2018 г.

Принята к публикации 12.11.2018 г.

Инокуляция семян ячменя на фоне многолетнего применения азотно-фосфорных удобрений и внесения соломы увеличивала содержание азота нитратов и подвижного фосфора в почве. На режим калийного питания растений внесенные удобрения заметного влияния не оказали. Максимальная прибавка – 0.78 т зерна/га была получена в варианте с внесением минеральных, органических и бактериальных удобрений.

*Ключевые слова:* комплексное применение удобрений, биопрепараты, эффективное плодородие, чернозем выщелоченный, продуктивность, ячмень.

**DOI:** 10.1134/S0002188119020133

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее существенных и регулируемых факторов, оказывающих влияние на состояние агроценозов и их гомеостаз, устойчивость их функционирования, является питательный режим почв.

В автоморфных почвах Западной Сибири азот нитратов – основной источник доступного для растений азота [1]. Количество нитратного азота в черноземных почвах определяется гидротермическими условиями вегетационного периода и агротехническими приемами (предшествующей культурой севооборота, интенсивностью и глубиной обработки, внесением удобрений и т.п.). Максимальное накопление нитратов происходит в паровом поле [1, 2].

Особенностью западно-сибирских черноземов является значительное содержание в них органических и органо-минеральных фосфатов (70–72% от общего запаса) и низкое содержание растворимых, доступных растениям форм [3]. Фосфор органических соединений доступен растениям только после его минерализации. Поэтому необходимо целенаправленное регулирование

фосфатного режима почв при помощи агротехнических приемов для повышения подвижности и усвояемости природных соединений фосфора, внесение фосфорсодержащих минеральных и органических удобрений.

Запасы валового калия в зональных почвах Западной Сибири велики, поэтому при изучении основных элементов минерального питания в агроэкосистемах ему уделяли меньше внимания. Однако недооценка роли калия в эффективном функционировании агроэкосистем может явиться причиной деградации почвенного плодородия и существенного снижения интенсивности продукционного процесса растений [4].

В настоящее время известно достаточно большое количество приемов оптимизации минерального питания растений. В результате исследований [5] установлено, что применение бактериальных удобрений оказывает положительное влияние на питательный режим растений. Обработка семян биопрепаратами усиливает поступление биологического азота, увеличивает продуктивность растений. Применение биопрепаратов комплексного действия улучшает фосфорное пи-

тание растений, повышает их устойчивость к неблагоприятным условиям произрастания. Действие биопрепаратов наиболее эффективно на фоне невысоких доз минеральных удобрений [5, 6]. В этой связи цель работы – изучение влияния бактериализации семян ячменя на фоне многолетнего применения минеральных удобрений и соломы на урожайность культуры и режим подвижных элементов питания в черноземе выщелоченном.

Разработка системы комплексного применения удобрительных средств для зерновых культур, включающей рациональные дозы минеральных удобрений, соломы как органического удобрения и биопрепараты ассоциативной азотфиксации, является актуальным, экономически и экологически значимым агроприемом, способствующим повышению продуктивности пашни, сохранению ее плодородия.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в стационарном полевом опыте (заложен в 1987 г.) с многолетним применением удобрений на основе 5-польного зернопарового севооборота со следующим чередованием культур: чистый пар–пшеница–соя–пшеница–ячмень; изучали свойства почвы под заключительной культурой севооборота – ячменем в 2012–2014 гг.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднemosный среднегумусовый тяжелоуглинистый с содержанием гумуса 6.68–6.72% (по Тюрину), подвижного фосфора – от 100 до 200, подвижного калия – 350–420 мг/кг почвы (по Чирикову).

Изучали следующие факторы по схеме  $2 \times 2 \times 2$ . Фактор *A* – внесение минеральных удобрений, кг д.в./га севооборотной площади, уровни: 1 – без удобрений (контроль), 2 – внесение азотно-фосфорных удобрений в дозе N18P42. Фактор *B* – внесение соломы, уровни: 1 – без соломы, 2 – внесение соломы после уборки зерновых культур в количестве, соответствующем урожаю. Фактор *C* – инокуляция семян бактериальным удобрением (препарат ризоагрин), уровни: 1 – без инокуляции, 2 – инокуляция семян ячменя. Площадь элементарной делянки – 80 м<sup>2</sup>, учетная – 18 м<sup>2</sup>. Площадь делянки с инокулированными растениями – 40 м<sup>2</sup>. Размещение вариантов систематическое, повторность четырехкратная.

Минеральные удобрения N<sub>aa</sub> вносили под ячмень вразброс под предпосевную культивацию, P<sub>сд</sub> – в паровое поле локально сеялкой СЗС-2,1 на глубину 8–10 см почвы. Солому предшествующей

культуры ячменя или пшеницы (содержание азота, фосфора и калия в среднем в севообороте – 0.47, 0.11 и 0.98% соответственно) измельчали при уборке и оставляли в поле в количестве, соответствующем урожаю. Для предпосевной обработки семян использовали биопрепарат ризоагрин (производство ВНИИСХМ, на основе штамма *Agrobacterium radiobacter* 204). Инокуляцию проводили в день посева рекомендованной дозой для биоудобрения из расчета на гектарную норму посева семян культуры. Высевали районированный сорт ячменя Саша, селекция СибНИИСХ.

Погодные условия в годы исследования различались по тепло- и влагообеспеченности. Вегетационный период 2012 г. был засушливым, количество осадков составило 72.6% от нормы, ГТК за май–август = 0.69 при среднем многолетнем 1.1. В 2013 г., за исключением засушливого июня, метеоусловия вегетационного периода были благоприятными для зерновых культур. Количество осадков за май–август составило 218 мм (111% от нормы) при ГТК = 1.16. В 2014 г. засушливыми были май и июнь, за период вегетации выпало 135 мм осадков (68% от нормы), ГТК = 0.68.

Для решения поставленной задачи отбирали почвенные пробы с целью определения содержания основных элементов питания. Нитратный азот (N-NO<sub>3</sub>) определяли с дисульфифеноловой кислотой по Грандваль–Ляжу; подвижный фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и подвижный калий (K<sub>2</sub>O) из одной вытяжки – по Чирикову, дополнительно в течение вегетации ячменя растворимые фосфаты – по Францесону. Нитрификационную способность почвы определяли по Кравкову с инкубацией 21 сут [7]. Полученные данные обработаны статистическими методами дисперсионного и корреляционного анализов [8].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ячмень – заключительная культура севооборота, поэтому перед его посевом содержание нитратного азота в исследованных вариантах было низким вследствие выноса предыдущими культурами. Установлено, что перед посевом ячменя содержание нитратного азота в слое 0–40 см почвы составляло 4.3–7.5 мг/кг, в слое 0–100 см – 2.3–5.5 мг/кг (табл. 1).

Применение минеральных удобрений (N18P42) способствовало увеличению содержания нитратного азота в почве в сравнении с контролем в 2013 г. Однако в 2014 г. в слое 0–40 см почвы отмечена тенденция к уменьшению количества нитратного азота в сравнении с контрольным вариантом, воз-

**Таблица 1.** Содержание нитратного азота в черноземе выщелоченном перед посевом ячменя в зависимости от применения минеральных удобрений и соломы, мг/кг

Вариант	2012 г.		2013 г.		2014 г.	
	Слой почвы, см					
	0–40	0–100	0–40	0–100	0–40	0–100
Контроль	7.5	5.5	4.3	2.3	6.7	5.5
Солома*	7.3	4.2	4.7	4.1	5.9	3.3
N18P42	–	–	6	6.4	5.1	10.4
N18P42 + солома	–	–	8.5	6.5	6.2	4.8
HCP <sub>05</sub> минеральных удобрений, соломы	$F_{\phi} < F_{05}$		3.9	2.1	$F_{\phi} < F_{05}$	
HCP <sub>05</sub> частных средних			$F_{\phi} < F_{05}$	2.9		

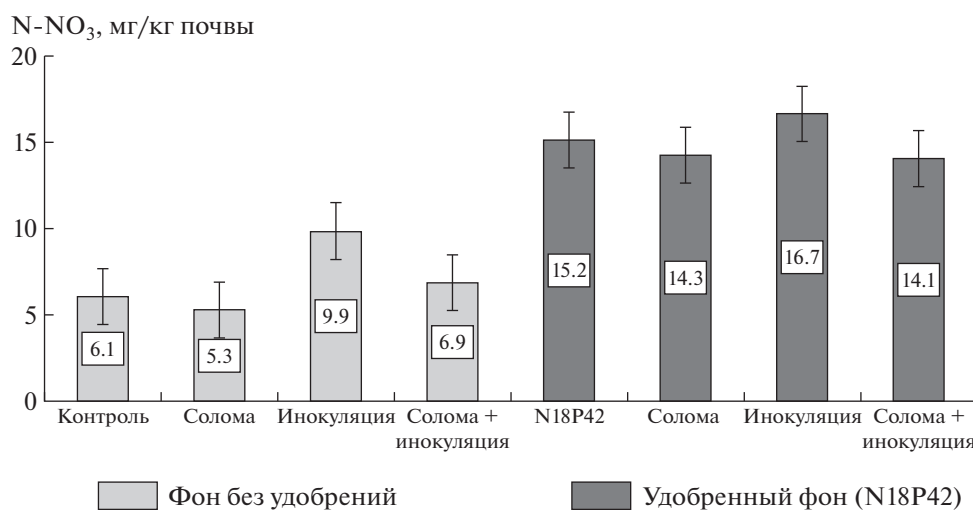
\* Количество внесенной соломы – 3–3.5 т/га. То же в табл. 2–5.

можно, за счет перемещения нитратов вниз по почвенному профилю вследствие осенних осадков 2013 г. Содержание N-NO<sub>3</sub> в слое 0–100 см почвы варианта с внесением удобрений составило 10.4 мг/кг.

Влияние соломы проявилось при совместном применении с минеральными удобрениями. В 2013 г. увеличение содержания нитратного азота в варианте N18P42 + солома (слой 0–40 см почвы) составило 98% в сравнении с контролем. Содержание нитратного азота уменьшилось к концу вегетации в связи с потреблением его культурой ячменя и другими статьями расхода (потреблением сорной растительностью, денитрификацией, закреплением почвенными микроорганизмами). В удобренном варианте количество нитратного азота было больше в сравнении с контролем на 149%.

Применение соломы в комплексе с минеральными удобрениями (вариант N18P42 + солома), оказало положительное влияние на содержание N-NO<sub>3</sub>: увеличение составило 134% по отношению к контролю. Инокуляция семян способствовала усилению ассоциативной азотфиксации в ризосфере ячменя (рис. 1). Установлена тесная корреляционная зависимость между содержанием нитратного азота в почве и урожайностью зерна ячменя ( $r = 0.92 \pm 0.16$ ).

Для характеристики мобилизационных процессов в почве недостаточно определять содержание нитратного азота, необходимо учитывать потенциальную способность почвы к нитратонакоплению. Нитрификационная способность почвы в оптимальных условиях компостирования зависит в основном от количества легкомо-



**Рис. 1.** Содержание нитратного азота (слой 0–20 см почвы) в зависимости от применения удобрений и инокуляции семян,  $n = 9$ , среднее за 2012–2014 гг.

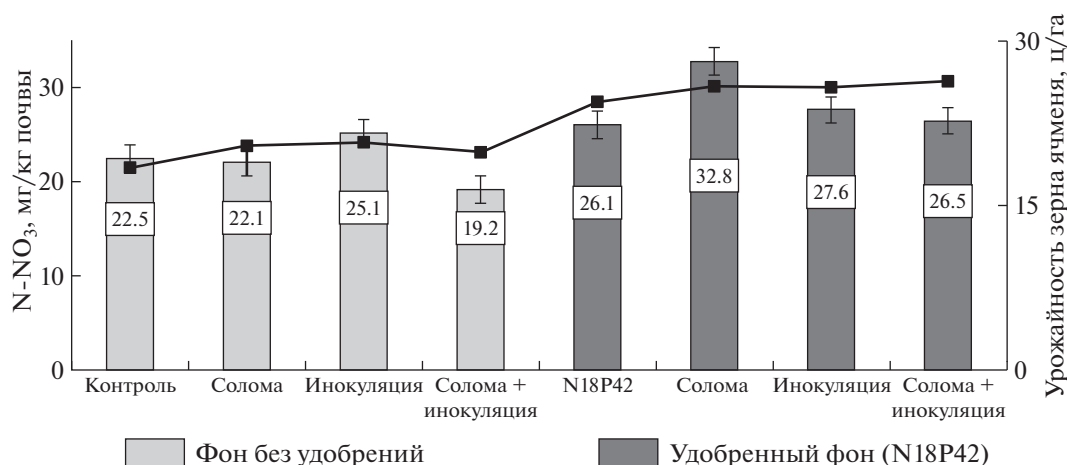


Рис. 2. Нитрификационная способность (слой 0–20 см почвы) в зависимости от применения удобрений и инокуляции семян,  $n = 9$ , среднее за 2012–2014 гг.

билизуемых азотсодержащих соединений [9, 10]. На неудобренном фоне нитрификационная способность почвы была наибольшей (25.1 мг/кг) в варианте с инокуляцией за счет биологического азота (рис. 2). На удобренном фоне потенциальная способность почвы к нитратонакоплению при инокуляции семян ячменя увеличилась на 23% к контролю. Наибольшее положительное влияние на величину нитрификационной способности почвы оказало комплексное применение минеральных удобрений и соломы (вариант N18P42 + солома): увеличение составило 46% относительно контроля. Установлено наличие тесной корреляционной связи между потенциальным количеством нитратного азота в почве и урожайностью культуры ( $r = 0.8 \pm 0.24$ ).

Обеспеченность растворимым фосфором растений ячменя перед посевом и после уборки в варианте без удобрений была высокой (156–202 мг  $P_2O_5$ /кг почвы) во все годы исследования. В вари-

антах с многолетним применением фосфорных удобрений отмечено увеличение содержания  $P_2O_5$  на 25–30% (весной) и на 39–43% (осенью) в сравнении с контролем. Внесение соломы не оказало воздействия на содержание соединений фосфора в почве. Совместное применение минеральных удобрений и соломы увеличило количество подвижного фосфора на 21–42% (весной) и на 32–60% (осенью) (табл. 2). Под посевом ячменя в течение вегетации в разные фазы развития растений определяли содержание растворимых фосфатов методом Францесона, оно находилось на низком и среднем уровнях. Многолетнее применение азотно-фосфорных удобрений (3 ротации) увеличило содержание растворимого  $P_2O_5$  в начальный период роста ячменя в 5 раз. Внесение соломы не оказало существенного воздействия на количество растворимого фосфора. Значительных изменений в динамике содержания этой фракции фосфора в течение вегетаци-

Таблица 2. Содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном в слое 0–20 см почвы в зависимости от применения минеральных удобрений и соломы, мг/кг

Вариант	2012 г.		2013 г.		2014 г.	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Контроль	166	156	192	164	202	155
Солома*	130	159	185	163	189	160
N18P42	–	–	240	235	262	216
N18P42 + солома	–	–	273	217	244	248
HCP <sub>05</sub> минеральных удобрений, соломы	22	$F_{\phi} < F_{05}$	90	50	100	50
HCP <sub>05</sub> частных средних			12	8	13	6

**Таблица 3.** Содержание растворимого фосфора в слое 0–20 см почвы под культурой ячменя (среднее за 2012–2014 гг.)

Вариант	Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы			
	кушение	колошение	налив зерна	Среднее
Контроль	94	122	104	107
Солома*	79	113	77	90
Инокуляция	124	156	132	137
Солома + инокуляция	114	119	111	115
N18P42	520	574	424	506
N18P42 + солома	528	536	475	513
N18P42 + инокуляция	488	468	441	466
N18P42 + солома + инокуляция	558	550	405	504
Среднее фактора минеральные удобрения	103** 524	128 532	106 436	112 497
HCP <sub>05</sub> минеральных удобрений, соломы, инокуляции семян	72	69	44	31
HCP <sub>05</sub> частных средних	76	98	62	43

\*\* Над чертой – без удобрений, под чертой – с применением удобрений.

**Таблица 4.** Содержание подвижного калия в черноземе выщелоченном в слое 0–20 см почвы в зависимости от применения минеральных удобрений и соломы, мг/кг

Вариант	2012 г.		2013 г.		2014 г.	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Контроль	363	250	400	425	394	338
Солома*	400	238	413	425	394	375
N18P42	–	–	388	425	364	363
N18P42 + солома	–	–	450	400	387	375
HCP <sub>05</sub> минеральных удобрений, солома	$F_{\phi} < F_{05}$		10	$F_{\phi} < F_{05}$	5	10
HCP <sub>05</sub> частных средних			14		7	14

онных периодов лет наблюдений не происходило (табл. 3).

Известно, что предпосевная обработка семян биопрепаратами улучшает фосфорное питание растений [11]. Азотфиксирующие бактерии стимулируют развитие микроорганизмов, участвующих в превращении минеральных соединений фосфора, а культура *Agrobacterium radiobacter* активно дефосфорилирует фитин, тем самым увеличивая содержание подвижного фосфора в почве на 54% [12, 13]. Показано, что инокуляция семян ячменя препаратом ризоагрин способствовала увеличению количества подвижного фосфора в почве под культурой в течение вегетации на 27–32% по сравнению с контролем. Статистическая обработка данных показала наличие тесной корреляционной зависимости между содержанием по-

движного фосфора в почве и урожайностью зерна ячменя ( $r = 0.96 \pm 0.11$ ).

Калий принимает значительное участие в минеральном питании растений [5]. Почвы Западной Сибири богаты калием, его валовое содержание изменяется от 1.2 до 2.5% [14]. Содержание подвижного калия в почве опытного участка было высоким – >180 мг/кг. В работе [5] показали, что эффект от внесения калийсодержащих соединений (соломы) может проявиться при низком исходном содержании калия в почве. В контрольном варианте (в среднем за 3 года) содержание калия было очень высоким – 338–386 мг/кг (по Чирикову) (табл. 4).

Урожайность культур является интегрированным показателем эффективности применения

**Таблица 5.** Урожайность ячменя в зависимости от применения минеральных удобрений, соломы и инокуляции семян (2012–2014 гг.), т зерна/га

Вариант	Урожайность				Средняя урожайность в вариантах фактора		
	2012	2013	2014	среднее	удобрение	солома	инокуляция
Контроль	1.97	1.3	2.29	1.85	1.97	2.23	2.2
Солома*	2.08	1.84	2.32	2.08			
Инокуляция	2.09	1.5	2.54	2.04			
Солома + инокуляция	2.14	1.28	2.55	1.99			
N18P42	2.32	1.79	3.21	2.44	2.56	2.3	2.33
N18P42 + солома	2.34	2.03	3.38	2.58			
N18P42 + инокуляция	2.47	1.53	3.53	2.59			
N18P42 + солома + инокуляция	2.53	1.74	3.62	2.63			
<i>HCP</i> <sub>05</sub> минеральных удобрений, соломы	0.16	0.11	0.11		0.27		$F_{\phi} < F_{05}$
<i>HCP</i> <sub>05</sub> инокуляции	0.11						

того или иного агротехнического приема. Известно, что в условиях южной лесостепи Омского Прииртышья применение азотно-фосфорных удобрений увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур на 21–49% [15–17]. Применение биопрепаратов совместно с удобрениями способствовало дополнительному накоплению в урожае яровой пшеницы основных элементов питания, увеличивало окупаемость внесения фосфорно-калийных удобрений прибавкой урожайности в 2.6–8.2 раза, азотных – в 1.4–1.6 раза [3, 6, 18].

Урожайность ячменя в годы исследования определялась погодными условиями, складывающимися в течение вегетационного периода. В 2012 г. в условиях засушливого вегетационного периода наибольшая урожайность ячменя отмечена в вариантах с применением удобрений N18P42, дополнительно получено 0.35–0.56 т/га зерна в сравнении с контролем. При внесении соломы, а также в варианте с инокуляцией семян прибавка урожайности ячменя 0.11–0.12 т/га была недостоверной, при совместном применении соломы и инокуляции семян ячменя ризоагрином увеличение зерновой продуктивности составило 0.17 т/га, а на удобренном фоне – 0.56 т/га. Следует отметить, что в засушливый год эффект от применения инокуляции на удобренном фоне был несколько больше, чем от соломы (известно, что положительное влияние бактериализации проявляется сильнее в стрессовых условиях) [5, 6].

В 2013 г. при высокой засоренности посевов была получена наименьшая урожайность зерна ячменя в сравнении с предыдущим и последующим годами исследования. Достоверное положительное влияние на продуктивность ячменя оказали средства химизации. Внесение минеральных удобрений обеспечило прибавку урожайности ячменя 0.49–0.73 т зерна/га. Установлено, что доля фактора удобрений в формировании урожайности ячменя составила 81%. Использование соломы как органического удобрения увеличило прибавку урожайности ячменя до 0.54 т/га, а на минеральном фоне – на 0.73 т зерна/га в сравнении с контролем. Совместное применение минеральных удобрений, соломы и инокуляции семян обеспечило прибавку урожайности зерна в размере 0.44 т/га к контролю. Использование инокуляции семян позволило получить достоверную прибавку урожайности ячменя 0.20 – 0.23 т зерна/га.

В 2014 г. была получена наибольшая урожайность зерна ячменя. Средняя урожайность в вариантах фактора удобрения составила 3.44 т зерна/га (в контроле – 2.43 т/га) (доля фактора минеральные удобрения составила 93%). Прибавка зерна ячменя в варианте с инокуляцией семян на удобренном фоне составила 1.24 т/га, или 54% к контролю. Максимальную прибавку зерна (1.33 т/га) получили в варианте N18P42 совместно с применением соломы и инокуляцией семян, что было на 58% больше, чем в контрольном варианте.

В среднем за годы исследования урожайность ячменя изменялась в пределах от 1.85 до 2.63 т/га в зависимости от вариантов опыта. Наибольшую прибавку 0.78 т зерна/га получили в варианте N18P42 + солома + инокуляция. В варианте совместного применения минеральных удобрений и бактериализации семян (N18P42 + инокуляция), прибавка составила 0.74 т/га (40%) в сравнении с контролем (табл. 5).

Таким образом, бактериализация семян ячменя ризоагрином в сочетании с применением азотно-фосфорных удобрений и внесением соломы является высокоэффективным приемом улучшения питания растений азотом и фосфором, повышения нитрификационной способности почвы и служит надежным фактором увеличения продуктивности зерновых культур.

## ВЫВОДЫ

1. Изучение питательного режима показало существенное влияние удобрений на содержание нитратного азота и подвижного фосфора в черноземе выщелоченном. Содержание нитратного азота при использовании удобрений увеличилось более чем в 2 раза в сравнении с контролем (с 6.1 в контроле до 15.2 мг/кг на удобренном фоне). При внесении минеральных удобрений вместе с соломой, а также в сочетании с инокуляцией семян ячменя количество нитратного азота в пахотном слое возросло в 2 раза по отношению к контролю, составив 14.3 и 16.7 мг/кг соответственно. Применение минеральных удобрений увеличило нитрификационную способность почвы на 16%, соломы на фоне минеральных удобрений – на 46%, инокуляции в сочетании с минеральными удобрениями – на 23% к контролю.

2. Многолетнее применение фосфорных удобрений повысило содержание растворимого  $P_2O_5$  в почве в 4–5 раз по отношению к контролю. Бактериализация семян способствовала увеличению содержания подвижного фосфора в почве на 27–32% в сравнении с контролем.

3. Инокуляция семян ячменя ризоагрином способствовала созданию микробно-растительной ассоциации diaзотрофов в ризосфере культуры, что повысило урожайность на 0.19 т зерна/га, а в сочетании с органо-минеральной системой удобрения – на 0.78 т зерна/га в сравнении с контролем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гамзиков Г.П.* Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск, 2013. 790 с.

2. *Гамзиков Г.П.* Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 267 с.
3. *Воронкова Н.А.* Влияние длительного применения удобрений в севообороте на фосфатный режим черноземов выщелоченных Западной Сибири // Агрохимия. 2010. № 12. С. 10–17.
4. *Якименко В.Н.* Влияние калийного баланса в агроценозах на запасы калия в профиле почвы // Сиб. вестн. с.-х. науки. 2010. № 3. С. 5–10.
5. *Шапошников А.И., Белимов А.А., Кравченко Л.В., Виванко Д.М.* Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов (обзор) // Сел.-хоз. биол. 2011. № 3. С. 16–22.
6. *Завалин А.А.* Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: ВНИИА, 2005. 302 с.
7. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 655 с.
8. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. *Хамова О.Ф.* Изменение биологической активности черноземной почвы при длительном применении минеральных и органических удобрений // Мат-лы научн. конф. по агрохимии “Д.Н. Прянишников и развитие агрохимии в Сибири”. Новосибирск, 2003. С. 255–257.
10. *Шулико Н.Н., Хамова О.Ф., Падерина Е.В., Тукмачева Е.В.* Влияние длительного применения удобрений на биологическую активность чернозема выщелоченного // Плодородие. 2015. № 4(85). С. 30–31.
11. *Турусов И.В., Сауткина М.Ю., Чевердин А.Ю., Чевердин Ю.И.* Влияние диазотрофных препаратов на эффективное плодородие чернозема обыкновенного // Агрохимия. 2016. № 10. С. 3–11.
12. *Булавенко Л.В., Бега З.Т., Курдиш И.К.* Мобилизация фосфора некоторыми микроорганизмами из труднорастворимых неорганосфосфатов // Бюл. Института с.-г. микробиологии, 2000. № 6. С. 55–56.
13. *Персикова Т.Ф., Цыганов А.Р., Какшинцев А.В.* Продуктивность люпина узколистного в условиях Беларуси. Минск: ИВЦ Минфина, 2006. 179 с.
14. *Мищенко Л.Н., Мельников А.Л.* Почвы Западной Сибири: уч. пособ. Омск: ОмГАУ, 2007. 248 с.
15. *Воронкова Н.А.* Биологические ресурсы сохранения плодородия черноземов и повышения продуктивности агроценозов в южной лесостепной зоне Западной Сибири. Омск: ОмГТУ, 2014. 188 с.
16. *Хамова О.Ф., Ледовский Е.Н., Тукмачева Е.В., Шулико Н.Н.* Влияние бактериальных препаратов на биологическую активность чернозема выщелоченного и урожайность зерновых культур // Вестн. Омск. ГАУ. 2016. № 3(23). С. 44–49.
17. *Тимохин А.Ю.* Отзывчивость зернобобовых культур на различный уровень минерального питания при орошении в лесостепи Западной Сибири // Достиж. науки и техн. АПК. 2014. № 5. С. 10–12.
18. *Алметов Н.С.* Влияние предшественников, удобрений и биопрепарата на урожайность и качество яровой пшеницы // Достиж. науки и техн. АПК. 2013. № 2. С. 16–18.

## **Effect of the Complex Fertilization and Biopreparations on Effective Fertility of Leached Chernozem and Barley Productivity**

**N. N. Shuliko<sup>a,#</sup>, O. F. Khamova<sup>a</sup>, N. A. Voronkova<sup>a,b,##</sup>,  
E. V. Tukmacheva<sup>a</sup>, and V. D. Doronenko<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *Omsk Agrarian Scientific Center  
prosp. Koroleva 28, Omsk 644012, Russia*

<sup>b</sup> *Omsk State Polytechnic University  
prosp. Mira 11, Omsk 644050, Russia*

<sup>#</sup> *E-mail: shuliko-n@mail.ru*

<sup>##</sup> *E-mail: voronkova.67@bk.ru*

Barley seeds inoculation on the background of long-term application of nitrogen-phosphorus fertilizers and straw increased nitrate nitrogen and available phosphorus content in the soil. The applied fertilizers did not have a noticeable effect on the potassium nutrition regime of the plants. The maximum yield increase – 0.78 t/ha of grain was obtained in the treatment with mineral, organic and bacterial fertilization.

*Key words:* complex fertilization, biopreparations, effective fertility, leached chernozem, barley, productivity.