

In a series of vegetative experiments carried out on sod-podzolic soil with different levels of phosphorus, the effect of various doses of nitrogen fertilizers on the yield, its structure and quality of two soft spring wheat varieties: Moskovskaya 35 and Lyubava was studied. The results of the research showed that against the background of an increased content of phosphorus in the soil with the introduction of nitrogen in the amount of 150 and 250 mg/kg, the yield was higher by 34-95% than on soil poor in phosphorus in similar variants. The provided of soil with mobile phosphates did not have a significant effect on grain protein content, but contributed to a more efficient use of fertilizer nitrogen by plants, increasing nitrogen utilization rates up to 59%. It has been established that a modern wheat variety consistently provided a higher and higher quality yield at all studied levels of mineral nutrition.

Keywords: spring wheat, yield, weight of 1000 grains, yield structure, phosphorus, ammonium nitrate, nitrogen utilization factor, sod-podzolic soil.

УДК 631.445.24.:631.85:631.821.1

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.03

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМОДИФИЦИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ РЕАКЦИИ ПОЧВЕННОЙ СРЕДЫ

**А.А. Завалин, ак. РАН, Н.А. Кирпичников, д.с.-х.н.,
С.П. Бижан, к.с.-х.н., С.Н. Сапожников, к.с.-х.н.,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
агрохимии им. Д.Н. Прянишникова» Россия,
127434, Москва, ул. Прянишникова, 31а
E-mail: kzuek@yandex.ru**

Представлены результаты оценки эффективности применения обычных и биомодифицированных минеральных удобрений под озимую пшеницу сорта Московская 39, выращиваемую на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве, характеризующейся различной реакцией почвенной среды, сформировавшейся при известковании исходной кислой почвы. Систематическое применение НК-удобрений на слабокультуренной дерново-подзолистой почве не приводило к повышению урожайности зерна озимой пшеницы по сравнению с вариантом без удобрений (контроль), что обусловлено сильной кислотностью почвы (pH_{KCl} 4,0), а также высоким содержанием подвижного алюминия (130 мг/кг). В этих условиях использование биомодифицированных удобрений не влияло на урожайность и качество зерна. Внесение Р-удобрений на фоне NP-удобрений повышало урожайность зерна на 70%, эффект от биомодификации составил 9%.

При применении полного удобрения (NPK) на известкованной почве, где реакция почвенной среды среднекислая (pH_{KCl} 5,4), получена урожайность зерна 52,7 ц/га. Обработка NPK-удобрений биопрепаратом обеспечила дальнейший рост урожая зерна до 58,0 ц/га. При этом в зерне повышалось содержание белка до 13%, сырой клейковины до 27% при содержании на контроле 11,6 и 25,5% соответственно. Максимальная окупаемость прибавкой урожая зерна озимой пшеницы вносимых удобрений 14-15 кг/кг получена на почве со слабокислой реакцией среды, минимальная – 5-6 кг/кг NPK на кислой почве, при использовании биомодифицированных удобрений окупаемость возрастает на 1-1,5 кг/кг.

Ключевые слова: минеральные удобрения, озимая пшеница, препарат бисолбифит, урожай, качество зерна.

Для цитирования: Завалин А.А., Кирпичников Н.А., Бижан С.П., Сапожников С.Н. Эффективность применения биомодифицированных удобрений под озимую пшеницу при различной реакции почвенной среды// Плодородие. – 2022. – №3. – С. 12-16. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.03.

При низком применении минеральных и органических удобрений формируется отрицательный баланс элементов питания в земледелии России, отсутствует потенциальная урожайность сельскохозяйственных культур, а качество растениеводческой продукции неудовлетворительное [5]. В этой связи необходимы поиск дополнительных источников минерального питания растений и повышение эффективности применяемых минеральных удобрений [10]. Одним из таких приемов может стать использование микробных препаратов, созданных на основе агрономически полезных микроорганизмов, обладающих комплексом таких свойств как стимуляция роста растений, фунгицидная и бактерицидная активность, мобилизация питательных веществ в почве [11]. Для этих целей используют микробный препарат бисолбифит, созданный на основе активного штамма *Bacillus subtilis* Ч-13, который применяют для биомодификации различных минеральных

удобрений с помощью нанесения его на гранулы [8]. Этот препарат повышает урожайность зерновых культур, улучшает использование растениями элементов питания [3, 4]. Однако экспериментальных данных по оценке эффективности использования препарата бисолбифит при нанесении его на гранулы минеральных удобрений под озимую пшеницу на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах с различной реакцией среды практически нет, тем более в условиях длительного полевого опыта.

Цель наших исследований – изучить в длительном полевом опыте эффективность применения биомодифицированных минеральных удобрений под озимую пшеницу на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве с различной кислотностью.

Методика. Исследования проводили в длительном полевом опыте СШ-27, заложенном в 1966 г. на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве Центральной

опытной станции ВНИИ агрохимии (Московская обл.). Исходная почва до закладки полевого опыта была слабокультурной: pH_{KCl} 3,9-4,2, сумма оснований 7,5-8,2, ммоль-экв/100 г, гидролитическая кислотность 4,9-5,2, обменная кислотность 0,55-0,57 ммоль-экв/100 г, степень насыщенности основаниями 57-63%. Содержание подвижных форм фосфора и калия в почве 30-70 и 112-115 мг/кг соответственно.

Изучение проводили в севообороте со следующим чередованием культур: озимая пшеница сорта Московская 39, яровой ячмень сорта Нур с подсевом клевера, клевер двух лет пользования (в последние годы - 11-я и 12-я ротации – один год пользования). Эффективность минеральных удобрений изучали при внесении извести в дозе по 1,5 Нг (по 0,5 Нг в первых трех ротациях – в сумме 11,5 т/га) и в дозе по 2,5 Нг (по 1,0 Нг в первой и третьей и 0,5 Нг в восьмой ротациях – в сумме 17,0 т/га), а также без неё. Минеральные удобрения вносили в форме Наа (N – 34%), АФ (N – 12%, P – 52%), Кх (K_2O – 60%). Микробный препарат бисолбифит наносили на гранулы удобрений в день их внесения из расчёта 5 кг/т. Удобрения вносили вручную под предпосевную культивацию. В качестве общего фона применяли гербициды и фунгициды. Общая площадь делянок 100 м², учетная 28 м², повторность опыта 3-кратная. Агротехника, принятая в Московской области.

Анализ почвы и растений выполняли по ГОСТам: содержание общего азота в зерне и соломе по Кьельдалю ГОСТ 13996.4-93, фосфора ГОСТ 26657-97, калия ГОСТ 30504-97, содержание белка в зерне определяли по ГОСТ 10846-91, сырую клейковину по ГОСТ Р 54478-2011, натурную массу зерна по ГОСТ 10840-64, массу 1000 зерен по ГОСТ 10842-89, сумму поглощенных оснований (по Каппену) по ГОСТ Р 50682-94, обменную кислотность по ГОСТ Р 58594-2019; pH_{KCl} по ГОСТ 26423-85, гидролитическую кислотность по методу Каппена в модификации ЦИНАО ГОСТ 26213-91, подвижный фосфор и калий (по Кирсанову) по ГОСТ 54650-2011, подвижный алюминий по ГОСТ 26485-86. Статистическую обработку данных проводили дисперсионным методом по программе Stat VIUA.

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что перед посевом озимой пшеницы в длительном полевом опыте по окончании 12-й ротации севооборота в результате периодического известкования и систематического применения минеральных удобрений за период проведения полевого опыта (1966-2017 г.) изменились агрохимические показатели дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы (табл. 1).

При систематическом внесении физиологически кислых азотных и калийных удобрений (фон НК) достоверно снижалась степень насыщенности основаниями, несколько уменьшалась реакция почвенной среды. Существенно повысилось (почти в 3 раза) по сравнению с вариантом без удобрений содержание подвижного алюминия в почве. Периодическое известкование, особенно высокой дозой (2,5 Нг), значительно улучшало физико-химические свойства почвы. Так, степень насыщенности основаниями в варианте с внесением извести по 2,5 Нг достигала почти 80%, почва из группы сильнокислых перешла в группу слабокислых. Существенное влияние на содержание подвижного алюминия в почве оказало известкование, даже небольшая доза извести (по 1,5 Нг) снизила этот показатель в 12-й ротации почти в 4 раза по сравнению с фоном НК. Со-

держание подвижного фосфора в почве значительно повысилось от применения фосфорных удобрений.

1. Влияние длительного применения удобрений и известкования на агрохимические показатели дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы (данные за 2017 г.; 12-я ротация)

Вариант	pH_{KCl}	Нг, ммоль-экв/100 г	V, %	Содержание подвижных форм, мг/кг			Гумус, %
				P_2O_5	K_2O	Al	
Без удобрений – контроль	4,0	5,32	53	30,1	105,4	45,6	1,25
NK	3,8	6,77	40	28,0	171,0	130,1	1,26
NK + P	4,0	6,42	43	85,2	142,0	102,5	1,39
NK + известь 1,5 г.к.	4,7	5,00	60	27,5	135,0	34,6	1,27
NK + известь 1,5 г.к. + P	4,8	4,10	67	87,5	128,0	32,0	1,30
NK + известь 2,5 г.к.	5,3	3,60	70	40,5	125,0	14,2	1,26
NK + известь 2,5 г.к. + P	5,5	3,50	80	93,0	119,2	10,0	1,39
HCP ₀₅	0,3	1,10	6,2	13,1	14,6	19,0	0,05

При выращивании озимой пшеницы в севообороте на почве, агрохимические показатели которой после прохождения двенадцати ротаций севооборота достигли значений, указанных в таблице 1, влияли на накопление сухой фитомассы и содержание в ней элементов питания (табл. 2). Влияние биомодифицированных минеральных удобрений на эти показатели определялось реакцией почвенной среды почвы, на кислой неизвесткованной почве увеличение биомассы составляла только 4-5%. При известковании, особенно при внесении высокой дозы извести, эффективность применения биомодифицированных удобрений возрастала до 10%, отмечено также некоторое повышение содержания азота и калия в растениях. Наибольшее содержание фосфора в растениях получено на известкованной почве большой дозой извести (по 2,5 Нг).

2. Фитомасса озимой пшеницы и содержание элементов питания в фазе цветения при использовании удобрений и препарата бисолбифит (2019 г.)

Вариант	Сухая фитомасса, г/м ²	Содержание в растениях, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
pH _{KCl} 4,0 (без извести)				
Контроль (б/у)	860	-	-	-
N ₆₀ K ₆₀	850	1,00	0,38	1,88
N ₆₀ P ₆₀ + Бф	890	0,72	0,30	1,70
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1520	0,86	0,36	1,46
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Бф	1580	1,33	0,30	1,77
pH _{KCl} 4,7 (известь по 1,5 Нг)				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1900	0,87	0,38	1,80
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Бф	2040	0,90	0,36	1,88
pH _{KCl} 5,4 (известь по 2,5 Нг)				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2200	0,80	0,48	1,90
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Бф	2420	0,89	0,50	1,94

Интегральным показателем, отражающим условия выращивания растений, служит урожайность зерна, которая в годы исследований изменялась не только от погодных условий года, но и от применения удобрений (табл. 3).

3. Урожайность зерна озимой пшеницы при применении обычных и биомодифицированных удобрений

Вариант	Урожайность, ц/га		Среднее за два года	Прибавка от Бф, ц/га	Окупаемость удобрений (НРК), кг/кг
	2019 г.	2021 г.			
pH _{KCl} 4,0 (без извести)					
Контроль (б/у)	23,0	20,3	21,7	-	-
N ₉₀ K ₉₀	21,4	18,0	19,7	-	-
N ₉₀ P ₉₀ + Бф	24,0	19,7	21,9	2,2	-
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	32,2	34,7	33,5	-	4,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Бф	35,4	37,9	36,7	3,2	6,2
pH _{KCl} 4,7 (известь по 1,5 Нг)					
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	38,6	40,9	39,8	-	7,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + Бф	45,5	44,9	45,3	5,5	9,9
pH _{KCl} 5,4 (известь по 2,5 Нг)					
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	55,3	50,0	52,7	-	13,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Бф	60,5	55,4	58,0	5,3	15,0
НСР ₀₅	3,0	3,4	3,1	-	-

В менее благоприятном 2021 г. при высокой температуре воздуха и избытке атмосферных осадков в мае – июле получена низкая урожайность зерна. Применение NK-удобрений без известкования существенно не влияло на урожайность зерна, что связано с повышенной кислотностью почвы этого варианта при наличии высокого содержания подвижного алюминия, обусловленного систематическим внесением физиологически кислых удобрений в форме аммиачной селитры и хлористого калия. Внесение на этой почве под озимую пшеницу биомодифицированных минеральных удобрений не повышало урожайность зерна. Внесение Р-удобрения на NK-фоне обеспечивало получение достоверной прибавки урожая в 2019 г. 50%, в 2021 г. – 90%. Высокая эффективность Р-удобрения связана не только с улучшением фосфатного состояния почвы при длительном их применении (содержание подвижного фосфора в почве изменилось с 30,1 до 85,2 мг/кг), но и со снижением подвижного алюминия в почве (с 130 до 102,5 мг/кг), что отмечалось и в других работах [7, 12]. Биомодифицированные NPK-удобрения достоверно повышали урожай зерна в годы исследований, в среднем за два года прибавка составила 3,2 ц/га.

Снижение кислотности почвы при известковании способствовало дальнейшему повышению урожайности зерна. Так применение известки по 1,5 Нг увеличило урожайность по сравнению с фоном N₉₀P₆₀K₉₀ в среднем в 2 раза, а высокая доза 2,5 Нг – в 2,6 раза. Эффективность биомодификации удобрений на известкованной почве существенно повышалась, за счет этого приёма прибавка урожайности зерна на фоне известки 1,5 Нг составила 5,5 ц/га, на фоне известки 2,5 Нг – 5,3 ц/га, или 13,0 и 10,0% соответственно. Максимальная средняя урожайность (58,0 ц/га) получена при внесении биомодифицированного минерального удобрения на известкованной почве большой дозой (2,5 Нг), что выше урожая фона без удобрений в 2,7 раза.

Максимальная окупаемость прибавкой урожая зерна озимой пшеницы вносимых удобрений 14-15 кг/кг получена на почве со слабокислой реакцией среды, тогда как минимальная 5-6 кг/кг NPK – на кислой почве. При использовании биомодифицированных удобрений окупаемость возрастает на 1-1,5 кг/кг.

Увеличение урожая зерна озимой пшеницы связано с влиянием удобрений на отдельные элементы его структуры (табл. 4).

4. Влияние удобрений на элементы структуры урожая озимой пшеницы

Вариант	Число зерен в колосе		Масса 1000 зерен, г		K _{хоз}	
	2019 г.	2021 г.	2019 г.	2021 г.	2019 г.	2021 г.
pH _{KCl} 4,0 (без извести)						
Контроль (б/у)	18,2	14,8	39,9	35,8	0,46	0,49
N ₉₀ K ₉₀	18,6	14,9	40,0	35,6	0,48	0,49
N ₉₀ P ₆₀ + Бф	22,0	15,1	40,5	35,8	0,48	0,49
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	22,1	25,8	42,1	39,8	0,48	0,50
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Бф	23,2	26,4	42,6	40,2	0,49	0,50
pH _{KCl} 4,7 (известь по 1,5 Нг)						
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	24,2	26,5	43,5	42,5	0,48	0,50
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Бф	26,0	27,0	43,8	43,4	0,49	0,51
pH _{KCl} 5,4 (известь по 2,5 Нг)						
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	30,2	28,1	44,4	46,0	0,49	0,51
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Бф	31,4	28,6	44,8	47,1	0,50	0,51

Под воздействием удобрений число зерен в колосе возрастало в 2019 г. с 18,2 до 31,4, в 2021 г. – с 14,8 до 28,6. Минимальное их количество наблюдалось в варианте контроля и оно практически не изменялось при внесении NK-удобрений. Применение Р-удобрения повышало этот показатель структуры в среднем за два года на 35%. Относительно высокий эффект получен от известкования, особенно в варианте с применением высокой дозы (2,5 Нг). Наибольший эффект от биомодификации наблюдался при внесении полного минерального удобрения на известкованной почве, особенно в 2019 г., когда прирост количества зерен в колосе от этого приёма достигал 7,5%. Максимальное число зерен в колосе (в среднем 30) формировалось при внесении биомодифицированных удобрений на известкованной почве дозой 2,5 Нг.

Улучшение условий минерального питания растений положительно сказалось на формировании массы 1000 зёрен, но она изменялась в меньшей степени, чем количество зерен от применения удобрений. При среднем показателе на контроле 37,9 г она достигала максимального значения 46 г за счет внесения биомодифицированных удобрений на известкованной почве (доза известки максимальная). Однако биомодификация удобрений обеспечивала лишь тенденцию к повышению этого показателя структуры урожая. Такая же закономерность наблюдалась в отношении изменения хозяйственного коэффициента урожая в условиях 2019 г., в среднем он достигал 0,51 при значении на контроле 0,47, что свидетельствует о положительном влиянии применяемых средств на основную часть урожая (зерно) в большей мере, чем на побочную (солома).

Удобрения оказали положительное влияние на вынос элементов питания урожаем (зерно + солома) озимой пшеницы (табл. 5). Вынос азота, фосфора и калия определялся в основном уровнем урожайности и практически не изменялся от содержания их в зерне и соломе. Вынос азота урожаем озимой пшеницы в среднем за два года достигал максимума – 173,5 кг/га при внесении полного удобрения с использованием бисолбифита на известкованной почве по 2,5 Нг, что выше контроля в 3,2 раза. Эффект от обработки препаратом полного минерального удобрения на неизвесткованной сильнокислой почве около 7%, на известкованной – около 9%.

Вынос фосфора изменялся с 16,1 до 60,2 кг/кг, наибольший эффект от обработки удобрений микробным

препаратом достигнут на известкованной почве – 14-15%. Вынос калия урожаем озимой пшеницы от обработки препаратом также в большей мере повышался при внесении удобрений на известкованной почве и достигал 10%.

Из данных выноса элементов питания урожаем следует, что при среднем содержании в почве подвижного фосфора, внесение P_{60} под озимую пшеницу, явно недостаточно для формирования высокого урожая. В этих условиях положительная роль биопрепарата в улучшении фосфорного питания растений была более высокой, чем азотно-калийного.

5. Вынос азота, фосфора и калия урожаем озимой пшеницы, кг/га (среднее за 2 года)

Вариант	Азот	Фосфор	Калий
pH_{KCl} 4,0 (без известки)			
Контроль (б/у)	54,2	16,1	40,1
$N_{60}K_{60}$	54,0	17,3	45,0
$N_{60}P_{60} + Бф$	57,2	20,0	46,4
$N_{60}P_{60}K_{60}$	97,4	31,2	72,5
$N_{60}P_{60}K_{60} + Бф$	105,0	33,8	79,2
pH_{KCl} 4,7 (известь по 1,5 Нг)			
$N_{60}P_{60}K_{60}$	118,9	39,4	80,2
$N_{60}P_{60}K_{60} + Бф$	128,6	45,0	88,4
pH_{KCl} 5,4 (известь по 2,5 Нг)			
$N_{60}P_{60}K_{60}$	160,8	52,0	106,4
$N_{60}P_{60}K_{60} + Бф$	173,5	60,2	115,2

Качество зерна озимой пшеницы зависит от минерального питания растений, свойств почвы, современных интенсивных сортов. При сбалансированном питании растений макро- и микроэлементами, как показали исследования, повышается не только урожайность зерна, но и содержание в нём белка, сырой клейковины и др. [1, 2, 6, 9]. Исследования в длительном полевом опыте показали, что при значительном повышении урожайности зерна под влиянием удобрений, показатели его качества улучшались. Так при внесении удобрений и известковании содержание белка в зерне повышалось в 2019 г. с 11,5 до 12,8, в 2021 г. – с 11,9 до 13,0 (табл. 6).

6. Качество зерна озимой пшеницы

Вариант	Содержание белка, %		Содержание сы- рой клейковины, %		Нату- ра, г/л	Со- дер- жа- ние P ₂ O ₅ , %
	2019 г.	2021 г.	2019 г.	2021 г.	в среднем за 2 года	
pH _{KCl} 4,0 (без извести)						
Без удобре- ний	11,5	11,9	25,0	26,2	743	0,60
N ₉₀ K ₉₀	12,2	12,0	26,4	26,4	746	0,58
N ₉₀ P ₆₀ + Бф	12,2	12,1	26,3	26,6	749	0,59
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	12,4	12,4	26,6	27,1	752	0,62
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Бф	12,5	12,4	26,5	27,0	757	0,62
pH _{KCl} 4,7 (известь по 1,5 Нг)						
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	12,6	12,8	26,8	27,2	756	0,64
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Бф	12,5	12,8	26,7	27,2	759	0,66
pH _{KCl} 5,4 (известь по 2,5 Нг)						
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	12,8	13,0	26,9	27,9	760	0,67
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Бф	12,8	13,1	26,7	28,0	762	0,68
НСР ₀₅	1,2	1,1	1,8	1,7	15	

Содержание сырой клейковины увеличилось соответственно с 25,3 до 26,8 % и с 26,1 до 28%. При сочетании минеральных удобрений с известкованием большой дозой (2,5 Нг), когда значение pH_{KCl} достигает 5,4

единиц формировалось зерно озимой пшеницы с максимальным содержанием белка и сырой клейковины. Обработка удобрений микробным препаратом не обеспечивала достоверных изменений этих показателей. В вариантах с применением известки по 2,5 Нг наблюдалось существенное повышение натуре зерна и максимальное содержание фосфора. Отмечена тенденция к повышению этих показателей качества при использовании биомодифицированных удобрений.

Заключение. Систематическое применение азотного и калийного удобрений на слабокультуренной дерново-подзолистой почве не приводит к повышению урожайности зерна озимой пшеницы по сравнению с контролем, что обусловлено сильной кислотностью почвы (pH_{KCl} 4,0). В этих условиях модификация удобрений препаратом бисолбифит не увеличивает урожайность и качество зерна. Внесение фосфорных удобрений на фоне азотно-калийных повышает урожайность на 70%, эффект от использования микробного препарата составил 9%.

Применение полного удобрения в сочетании с известкованием, когда реакция почвенной среды среднекислая (pH_{KCl} 5,4), формируется урожайность зерна 52,7 ц/га. При использовании биомодифицированных удобрений окупаемость возрастает на 1-1,5 кг/кг. Обработка удобрений биопрепаратом обеспечивает рост урожая зерна до 58,0 ц/га. При этом в зерне повышается содержание белка до 13% и сырой клейковины до 27% при содержании на контроле 11,6 и 25,5% соответственно. Максимальная окупаемость минеральных прибавкой урожая зерна озимой пшеницы 14-15 кг/кг получена на почве со слабокислой реакцией среды, тогда как минимальная 5-6 кг/кг NPK на кислой почве.

Литература

1. Волюнкина О.В. Фосфорное удобрение усиливает действие азота на урожай и качество пшеницы. // Проблемы агрохимии и экологии. – 2019 – №1. – С.21-25.
2. Есаулков А.И., Ожередова А.Ю., Громова Н.В. Оптимизация питания сортов озимой пшеницы путем внесения расчетных доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности // Агрохимический вестник. – 2018. – №4. – С.3-7.
3. Завалин А.А., Тарасов А.А., Чеботарь В.К., Казаков А.Е. Эффективность применения под яровую пшеницу аммиачной селитры, обработанной биопрепаратом. // Вестник РАСХН, 2008. – №1. – С. 64-66.
4. Завалин А.А., Чернова Л.С., Гаврилова А.Ю., Чеботарь В.К. Влияние минеральных удобрений, биомодифицированных микробным препаратом бисолбифит, на урожай ярового ячменя. // Агрохимия, 2015. – №4. – С. 21-33.
5. Кудяров В.Н. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии России // Агрохимия. 2018. № 10. С. 3-11.
6. Минеев В.Г., Павлов А.Н. Значение основных минеральных элементов для накопления белков в зерне злаковых растений. // Агрохимия. – 1979. – №8. – С. 117-130.
7. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. СПб.: ЛНИИСХ, 2005. – С. 90-118.
8. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Микробиологические препараты в практическом растениеводстве России: функции, эффективность, перспективы. // Рынок АПК, 2009. – №7. – С. 16-18.
9. Соколов О.А. Роль азота в питании растений и формировании качества озимой пшеницы. Кн. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. – М.: ФГБНУ Росинформагротех. – 2018. – С. 107-122.
10. Сычев В.Г., Ефремов Е.Н., Завалин А.А., Романенков В.А., Шафран С.А., Шильников И.А. Прогноз потребности и платежеспособного спроса сельского хозяйства Российской Федерации на минеральные удобрения до 2020 г. М.: ВНИИА, 2011. – С. 2-52.
11. Тихонович И.А., Кожемяков Л.Н., Чеботарь В.К. Биопрепараты в сельском хозяйстве (методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). М.: РАСХН, 2005. – С. 110-151.
12. Kamprath E.J. Exchangeable aluminium as a criterion for liming leached mineral soils. – Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1970. – V. 34. – №2. – P. 252 – 254.

A.A. Zavalin, Academician of the Russian Academy of Sciences,
N.A. Kirpichnikov, Doctor of Agricultural Sciences,
S.P. Bizhan, Candidate of Agricultural Sciences, S.N. Sapozhnikov

The results of evaluating the effectiveness of the use of conventional and biomodified mineral fertilizers for winter wheat of the Moskovskaya 39 variety grown on sod-podzolic heavy loamy soil characterized by a different reaction of the soil environment formed during liming of the initial acidic soil are presented. Systematic application of NK fertilizers on poorly cultivated sod-podzolic soil did not lead to an increase in the yield of winter wheat grain compared to the option without fertilizers (control), due to the strong acidity of the soil (pHKCl 4.0), as well as a high content of mobile aluminum (130 mg/kg). Under these conditions, the use of biomodified fertilizers did not affect the yield and quality of grain. The introduction of P-fertilizers against the background of NP-fertilizers increased grain yield by 70%, the effect of biomodification was 9%.

The use of a complete fertilizer (NPK) on calcified soil, where the reaction of the soil medium is medium acidic (pHKCl 5.4), the grain yield is 52.7 c/ha. Processing of NPK fertilizers with a biological preparation ensured a further increase in the grain yield to 58.0 c/ha. At the same time, the protein content in the grain increased to 13%, crude gluten to 27% with a content of 11.6 and 25.5% in the control, respectively. The maximum payback by increasing the yield of winter wheat grain of fertilizers applied 14-15 kg/kg was obtained on soil with a slightly acidic reaction of the medium, the minimum 5-6 kg/kg of NPK on acidic soil, with the use of biomodified fertilizers, the payback increases by 1-1.5 kg/kg.

Keywords: mineral fertilizers, winter wheat, bisolbifit biopreparation, yield, grain quality.

УДК 631.582: 631.82

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.04.

УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР, ВЫНОС И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ

**П.А. Постников, к.с.-х.н., В.В. Попова, Е.Ф. Данько, О.В. Васина, ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»
Россия, 620142, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112-а
E-mail: postnikov.ural@mail.ru**

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимализации обработки почвы, диверсификации севооборотов, интегрированной защиты растений, биологизации, сохранения и повышения почвенного плодородия»

На темно-серой лесной почве в зернотравяном севообороте с насыщенностью бобовыми культурами 40 % внесение минеральных удобрений при среднегодовой дозе $N_{30}P_{30}K_{36}$ обеспечило повышение сбора зерна ячменя на 1,6 т/га, пшеницы, овса – на 0,9-1,3 т/га по отношению к контролю. Из всех изучаемых культур максимальный вынос элементов питания отмечен с урожаем клевера. Суммарный вынос азота, фосфора и калия в среднем с 1 га пашни на контроле составил 137,3 кг, при внесении одних минеральных удобрений он увеличился на 71,5 %. На органо-минеральном фоне отчуждение элементов с урожаями снизилось на 20 % по сравнению с минеральным. Запашка отавы клевера и соломы гороха, ячменя на фоне $N_{24}P_{24}K_{30}$ способствовала достижению бездефицитного баланса по азоту и фосфору, а по калию дефицит составил 21,9 кг/га.

Ключевые слова: фон питания, минеральные и органические удобрения, зерновые культуры, азот, фосфор, калий.

Для цитирования: Постников П.А., Попова В.В., Данько Е.Ф., Васина О.В. Урожайность культур, вынос и баланс элементов питания в зернотравяном севообороте// Плодородие. – 2022. – №3. – С. 16-19.

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.04.

В условиях перехода сельского хозяйства России на рыночные отношения произошло снижение объемов применения минеральных удобрений под посевы сельскохозяйственных культур почти в 4 раза [9]. В Свердловской области за данный промежуток внесение минеральных удобрений сократилось в 7 раз [6]. При использовании их на пашне соотношение сдвинулось в сторону азотных удобрений, их доля от общего количества возросла до 60-65 % и более [12]. Научные исследования и практика свидетельствуют, что без применения удобрений невозможно добиться повышения урожаев и сохранения плодородия почв.

Система удобрения в севооборотах является составной частью адаптивно-ландшафтного земледелия. В задачу проектирования систем удобрения входит регулирования как продукционного процесса сельскохозяйственных культур, так и круговорота элементов питания за ротацию севооборотов [11]. Сбор информации в длительных стационарных опытах позволяет корректировать базу данных выноса элементов питания с урожаями в сложившихся условиях, а также дать более объективную оценку потребности в минеральных и органических удобрениях с учетом биологических особенностей культур и применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям для каждой зоны России.