

РЕАКЦИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ И БИОПРЕПАРАТОВ*

Алексей Анатольевич Завалин, академик РАН
Сергей Николаевич Сапожников, кандидат сельскохозяйственных наук
Джозеф Ньямбосе
Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени
Д.Н. Прянишникова, ул. Прянишникова, г. Москва, Россия
E-mail: zavalin.52@mail.ru

Аннотация. В микрополе в опыте на темно-серой лесной почве средней окультуренности оценивали эффективность применения на яровой пшенице новых эндофитных биопрепаратов в сравнении со стандартным при внесении азотного удобрения. В результате двухлетних исследований установлено, что урожайность зерна яровой пшеницы достоверно возрастает при инокуляции семян биопрепаратами на РК-фоне, прибавки от всех биопрепаратов составили 25–42%. Эффективность биопрепарата V167 соответствует, а V417 превышает стандартный препарат Экстрасол. Увеличение дозы азотного удобрения с 45 до 90 кг/га способствует росту урожайности зерна. Посев инокулированными семенами на фоне N_{45} обеспечивает получение урожая зерна равноценного внесению под культуру азотного удобрения в дозе N_{90} , на фоне N_{45} все изучаемые препараты по влиянию на урожайность зерна равноценны. При внесении азотного удобрения в обеих дозах получено зерно по содержанию белка 2 класса. Применение биопрепаратов и внесение азотного удобрения обеспечило формирование зерна 3 класса. Применение биопрепаратов при инокуляции семян яровой пшеницы препаратом V167 зерно соответствовало 2 классу (13,8%), других биопрепаратов – 3 классу. Максимальную массу 1000 зерен яровая пшеница сформировала при инокуляции семян препаратом V417 на РК-фоне и внесении N_{90} . В результате роста массы зерна и соломы с повышением в них концентрации NPK накопление в урожае азота и фосфора возросло в 1,5, калия – в 1,3 раза, максимальное их количество получено при внесении азотного удобрения, а также биопрепаратов на обоих фонах с удобрениями.

Ключевые слова: эндофитные биопрепараты, азотное удобрение, яровая пшеница, урожайность, качество зерна, накопление элементов питания

SPRING WHEAT REACTION ON NITROGEN FERTILIZER AND BIOPREPARATIONS APPLICATION

A.A. Zavalin, Academician of the RAS
S.N. Sapozhnikov, PhD in Agricultural Sciences
Joseph Nyambose
D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, ul. Pryanishnikova, Moscow, Russia
E-mail: zavalin.52@mail.ru

Abstract. In a microfield experiment on dark gray forest soils with medium cultivation, we evaluated the effectiveness of new endophytic biopreparations in spring wheat compared to the standard one when nitrogen fertilizer was applied. As a result of two-year study experiment, it was shown that the grain yield of spring wheat increased significantly as a result of seed inoculation with biopreparations on RK-background, with the increase from all biopreparations ranging from 25 to 42%. The effectiveness of the biopreparation V167 corresponded, and V417 exceeded the standard biopreparation extrasol. Increasing the dose of nitrogen fertilizer from 45 to 90 kg/ha provided a tendency to increase grain yield. Sowing with inoculated seeds on the background of N_{45} provides grain yield equivalent to the introduction of nitrogen fertilizer under the crop at a dose of N_{90} , on the background of N_{45} all the studied biopreparations on grain yield effect is equivalent. The application of nitrogen fertilizer in both doses yielded grain of class 2 protein content. Application of biological preparations and nitrogen fertilizer ensured formation of grain of the 3rd class, while the grain corresponded to the 2nd class (13,8%) when spring wheat seeds were inoculated with V167, and the grain corresponded to the 3rd class when other biological preparations were used. The maximum mass of 1000 grains of spring wheat was established when seeds were inoculated with V417 on RK-background and when N_{90} was applied. As a result of growth of grain and straw weight and some increase of NPK concentration in them, accumulation of nitrogen and phosphorus in the crop increased by 1.5 times, potassium by 1.3 times, the maximum increase of their accumulation was obtained with the application of nitrogen fertilizer as well as biopreparation on both backgrounds of fertilizer application.

Keywords: endophytic biopreparation, nitrogen fertilizer, spring wheat, grain yield, quality, accumulation of nutritional elements

Яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – важнейшая зерновая культура. Ее значение еще более возросло в связи с часто возникающим дефицитом продовольствия. [12] Пшеница считается основным продуктом питания для более чем трети населения планеты. Уве-

личение производства ее зерна остается проблемой для многих стран. [10]

Использование питательных веществ для растений в достаточном и сбалансированном количестве – один из ключевых факторов повышения

* Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 22-26-00105, <https://rscf/project/22-26-00105> / The investigation was carried out funded by a grant of Russian Scientific Fund РФФИ № 22-26-00105 <https://rscf/project/22-26-00105>.

урожайности сельскохозяйственных культур. [1, 13] Азот (N) необходим большинству небобовых культур, в том числе яровой пшенице. [14] Он влияет на образование белка, аминокислот, хлорофилла, размер клеток, площадь листьев и фотосинтетическую активность. [10,11] Достаточное количество азота – главное условие для достижения высокого потенциала урожайности яровой пшеницы. Азотные удобрения увеличивают количество продуктивных стеблей на единице площади, высоту растений, массу 1000 зерен и урожайность зерна. [18] Пшеница неодинаково реагирует на различные дозы азотных удобрений, наибольшая урожайность зерна (5,8 т/га) достигнута при внесении 60 кг N/га. [16,17]

Дополнительный источник азотного питания растений – биопрепараты (биоудобрения), созданные на основе активных штаммов микроорганизмов. [15] Использование биопрепаратов может снизить дозы химических удобрений и уменьшить их негативное воздействие на окружающую среду. Биоудобрения участвуют в фиксации атмосферного N и производстве веществ, стимулирующих рост растений. Таким образом, при разработке и освоении устойчивых приемов ведения сельского хозяйства, биоудобрения важны для стабильного функционирования агроценозов. [1, 4, 6]

Цель работы – определить эффективность действия на яровую пшеницу новых биопрепаратов при внесении азотного удобрения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Микрополевой опыт проводили на Центральной опытной станции ВНИИ агрохимии (Московская область) в пластиковых сосудах квадратного сечения 0,25x0,25 м без дна, площадью 0,0625 м². Метеоусловия в годы исследований различались. В период закладки эксперимента (2020 год) и вегетации все климатические показатели были в пределах нормы, в мае и июне 2021 года выпало избыточное количество осадков (179 и 155 мм) при среднемесячной норме 39 и 63 мм соответственно. За весенне-летний период температура воздуха отличалась несильно от средних многолетних значений. В целом вегетационный период 2020 года оказался более благоприятным, что сказалось на урожайности яровой пшеницы.

Высевали среднеспелый сорт яровой пшеницы *Злата*. Он характеризуется быстрым ростом после всходов, устойчивостью к полеганию, поражению бурой ржавчиной, мучнистой росой и септориозом, имеет хорошие и стабильные по годам хлебопекарные качества зерна. Сила муки – 250...350 е.а., содержание сырой клейковины – 35...38%. Средняя урожайность сорта составляет около 3,02 т/га, максимальная – 5,38 т/га. [9]

В начале мая сосуды наполняли темно-серой лесной почвой, имеющей агрохимическую характеристику: гумус (по Тюрину) – 2,9...3,0%; рН_{KCl} – 5,9...6,2; подвижные формы P₂O₅ и K₂O (по Кирсанову), соответственно 120...132 и 131...140 мг/кг; Нг (по Каппену) – 1,12...1,24 мг-экв/100 г. По содержанию подвижного фосфора и калия почва среднекультуренная. [7]

В качестве азотного удобрения использовали аммиачную селитру с количеством азота 45 и

90 кг/га или 4,5 и 9,0 г/м², что составляет 0,2812 г и 0,563 г N/сосуд соответственно. Для оптимизации фосфорно-калийного питания растений фоном вносили двойной суперфосфат и хлористый калий по 45 кг/га действующего вещества или 0,28 г P₂O₅ и K₂Cl/сосуд. Изучали новый биопрепарат V417, созданный на основе эндофитных бактерий штамма *Bacillus subtilis* V417, обладающего выраженной фунгицидной активностью против фитопатогенных грибов *p. Fusarium*, *Alternaria*, *Phytium*, бактерицидной устойчивостью к фитопатогенным бактериям *Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus*, *Erwinia carotovora subsp. atroseptica*, *Pseudomonas syringae* и ростстимулирующим эффектом по отношению к различным сельскохозяйственным культурам (яровая пшеница, кукуруза, сахарная свекла, картофель). [8] Другой новый биопрепарат получен на основе штамма *Bacillus amyloliquefaciens* V167, относящегося к эндофитным бактериям, с фунгицидной активностью против фитопатогенных грибов *Alternaria alternata*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium sporotrichioides* и фитостимулирующим эффектом по отношению к сельскохозяйственным культурам (редис, горох, кукуруза, салат, вико-овсяная смесь, яровая пшеница). В качестве стандартного препарата использовали Экстрасол, созданный на основе штамма *Bacillus subtilis* Ч-13. Он синтезирует в процессе своего роста вещества, которые подавляют развитие фитопатогенных грибов и бактерий, улучшают развитие корневых волосков, усиливают поглощение растениями элементов питания из удобрений, повышают устойчивость культур к пониженным температурам и засухе. [6] Изучаемые препараты способны фиксировать атмосферный азот. Инокуляцию семян биопрепаратами проводили в день посева из расчета 600 г на гектарную норму, для фиксации использовали обезжиренное молоко. Опыт закладывали, наблюдения проводили согласно общепринятым методикам. [5] Расположение сосудов рендомизированное, повторность четырехкратная. Содержание общего азота в зерне и соломе определяли по методу Кьельдаля (ГОСТ 13496.4-93), фосфора (P₂O₅) – колориметрически (ГОСТ 26657-97), калия (K₂O) – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504-97). Массовую долю белка в зерне яровой пшеницы рассчитывали по концентрации в нем общего азота, применяя коэффициент 5,7 (ГОСТ 10846-91).

Результаты статистически обрабатывали дисперсионным методом в программе Stat VIUA, достоверность различий оценивали по F-критерию Фишера.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При средней обеспеченности темно-серой лесной почвы подвижными формами фосфора и калия на фоне РК-удобрений получена урожайность зерна яровой пшеницы в среднем за два года 312 г/м² (3,12 т/га). Урожайность зерна в годы проведения опыта несколько различалась, связано это с погодными условиями вегетационного периода. [1] В более благоприятном 2020 году она была выше, чем в 2021. Характер влияния условий минерального питания, создаваемый внесением азотного удобрения и инокуляцией семян,

был схожим, что позволяет рассматривать результаты в среднем за два года (табл. 1).

Урожайность зерна яровой пшеницы с инокуляцией семян на РК-фоне достоверно возростала, при этом прибавки от всех биопрепаратов составили от 25 до 42%. Эффективность биопрепарата V167 соответствовала, а V417 превышала стандартный препарат Экстрасол. При внесении под яровую пшеницу азотного удобрения в дозе 45 кг/га прибавка в среднем за два года была равноценной применению для инокуляции семян биопрепарата на основе штамма V417. Азотные удобрения в количестве 90 кг/га обеспечивали только тенденцию роста урожайности зерна по сравнению с дозой N₄₅, где прибавка составила 29 г/м². При выращивании инокулированных семян яровой пшеницы на фоне азотного удобрения (N₄₅) урожайность зерна по сравнению с РК-фоном возросла почти на 50%, достигнув 450...480 г/м², и соответствовала урожаю, полученному после внесения двойной дозы азотного удобрения. Посев инокулированных биопрепаратами

семян яровой пшеницы на фоне N₄₅ обеспечивает получение урожая зерна равноценного внесению под культуру азотного удобрения в дозе N₉₀. В этом случае все изучаемые препараты по эффективности влияния на урожайность зерна были равноценными.

Важнейшим показателем качества зерна служит содержание в нем белка. По действующему ГОСТ Р 52554-2006 при содержании белка в зерне не менее 12,0% оно соответствует 3 классу качества, не менее 13,5% – 2 классу. В опыте при внесении азотного удобрения в обеих дозах получено зерно 2 класса. [3] Без внесения азотного удобрения биопрепараты обеспечивали формирование зерна 3 класса, на фоне полного минерального удобрения при инокуляции семян препаратом V167 получено зерно 2 класса (13,8%).

Оцениваемые в опыте биопрепараты и азотное удобрение положительно влияли на биомассу яровой пшеницы (зерно + солома). В среднем за два года от внесения азотного удобрения биомасса при дозе N₄₅ возросла на 222 г/м², N₉₀ – 215 г/м² или на 27 и 26% соответственно к РК-фону (табл. 2). Эффект от применения в качестве инокулянтов семян изучаемых биопрепаратов соответствовал внесению под яровую пшеницу азотного удобрения. На РК-фоне от инокуляции биопрепаратом на основе штамма V417 получен достоверный рост биомассы пшеницы по сравнению со стандартным, который соответствовал внесению N₄₅. При увеличении дозы N₉₀ положительного эффекта не было. Посев инокулированных семян на фоне полного минерального удобрения обеспечил небольшое повышение биомассы яровой пшеницы и был таким же как при внесении N₉₀.

Более половины биомассы яровой пшеницы – солома. Ее количество увеличилось в среднем за два года с 492 до 513...580 г/м² из-за разных доз минерального питания. Но существенных различий в изменении массы соломы при использовании азотного удобрения и биопрепаратов не выявлено. Долю зерна в общебиологическом урожае оценивают по хозяйственному коэффициенту (K_{хоз.}). Изменение K_{хоз.} связано в первую очередь с генотипическими условиями и в меньшей степени с воздействием агротехнологических операций. [2] Аналогичные данные получены и в наших исследованиях. При использовании азотного удобрения и биопрепаратов отмечена слабая тенденция роста K_{хоз.} по сравнению с фоном, однако при использовании препаратов V167 и Экстрасола на фоне N₄₅ и при внесении N₉₀ в биологическом урожае яровой пшеницы достоверно возростала доля зерна, что свидетельствует об улучшении условий азотного питания растений. [1]

Определены изменения в отдельных элементах структуры урожая яровой пшеницы при использовании азотного удобрения и биопрепаратов (табл. 3). В результате продуцирования микроорганизмами, входящими в состав биопрепаратов, физиологически активных веществ и подавления развития патогенов, а также фиксации атмосферного азота применение биопрепаратов равноценно внесению азотного удобрения и обеспечивает повышение массы 1000 зерен с 38,1 до 43 г. [4,6] Максимальная масса 1000 зерен получена при инокуляции семян препаратом V417 без N-удобрения и при его внесе-

Таблица 1.

Урожайность зерна яровой пшеницы при использовании биопрепаратов и азотного удобрения

Вариант	Год		В среднем за два года			белок в зерне, %
	2020	2021	прибавка			
	г/м ²	г/м ²	г/м ²	%		
РК-фон (Ф)	354	269	312	–	–	12,5
Ф+биопрепарат Ч-13	417	362	390	78	25	12,7
Ф+ биопрепарат V 167	464	353	409	97	31	13,2
Ф+биопрепарат V 417	507	380	444	132	42	12,8
Ф+N ₄₅	528	382	455	143	45	14,0
Ф+N ₄₅ +биопрепарат Ч 13	546	413	480	168	53	12,9
Ф+N ₄₅ +биопрепарат V 167	522	407	465	153	49	13,8
Ф+N ₄₅ +биопрепарат V 417	515	385	450	138	44	12,7
Ф+N ₉₀	546	422	484	172	55	13,7
P, %	4,3	4,7	4,5			3,50
HCP ₀₅	60	24	41			0,4

Таблица 2.

Влияние биопрепаратов и удобрения на биомассу яровой пшеницы, среднее за два года

Вариант	Зерно+солома		Солома		K _{хоз.}	
	г/м ²	прибавка, г/м ²	г/м ²	прибавка, г/м ²	значение	изменение
РК-фон (Ф)	813	–	492	–	0,39	–
Ф+биопрепарат Ч-13	922	13	539	47	0,42	0,03
Ф+ биопрепарат V 167	936	15	513	21	0,45	0,06
Ф+биопрепарат V 417	1006	24	544	52	0,46	0,06
Ф+N ₄₅	1035	27	575	83	0,45	0,05
Ф+N ₄₅ +биопрепарат Ч-13	1030	26	555	63	0,47	0,08
Ф+N ₄₅ +биопрепарат V 167	1038	28	555	63	0,46	0,07
Ф+N ₄₅ +биопрепарат V 417	1049	29	580	88	0,45	0,05
Ф+N ₉₀	1028	26	529	37	0,48	0,09
P, %	2,60		5,4		5,7	
HCP ₀₅	75		85		0,07	

Таблица 3.

Изменение отдельных элементов структуры урожая яровой пшеницы при использовании азотного удобрения и биопрепаратов, среднее за два года

Вариант	Масса 1000 зерен, г		Высота растений, см		Продуктивная кустистость, шт		Длина колоса, см	
	значение	+/- к фону	значение	+/- к фону	значение	+/- к фону	значение	+/- к фону
РК-фон (Ф)	38,1	–	103,5	–	1,01	–	6,84	–
Ф+биопрепарат Ч-13	41,6	3,5	111,5	8,0	1,13	0,12	7,66	0,82
Ф+ биопрепарат V 167	41,2	3,1	110,0	6,5	1,11	0,10	7,30	0,46
Ф+биопрепарат V 417	43,7	5,6	109,0	5,5	1,06	0,05	7,50	0,66
Ф+N ₄₅	42,7	4,6	109,0	5,5	1,05	0,04	7,39	0,55
Ф+N ₄₅ +биопрепарат Ч 13	40,7	2,6	108,0	4,5	1,22	0,21	7,62	0,78
Ф+N ₄₅ +биопрепарат V 167	42,1	4,0	110,5	7,0	1,10	0,09	7,61	0,77
Ф+N ₄₅ +биопрепарат V 417	42,3	4,2	109,0	5,5	1,10	0,09	7,39	0,55
Ф+N ₉₀	42,2	4,1	109,0	5,5	1,11	0,10	7,43	0,59
P, %	2,20		2,20		3,8		2,20	
НСР ₀₅	2,6		6,5		0,12		0,45	

Таблица 4.

Химический состав зерна и накопление в урожае яровой пшеницы элементов питания, в среднем за два года

Вариант	Содержание, %						Накопление в биомассе (зерно + солома), г/м ²		
	зерно			солома					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
РК-фон (Ф)	2,19	0,67	0,56	0,68	0,31	2,33	10,8	3,1	10,9
Ф+биопрепарат Ч-13	2,22	0,68	0,58	0,72	0,31	2,28	12,4	3,5	12,8
Ф+ биопрепарат V 167	2,32	0,64	0,56	0,65	0,31	1,87	12,5	3,2	11,0
Ф+биопрепарат V 417	2,24	0,64	0,52	0,66	0,33	2,04	13,1	4,1	11,6
Ф+N ₄₅	2,46	0,76	0,60	0,74	0,36	2,16	14,5	4,3	12,8
Ф+N ₄₅ +биопрепарат Ч 13	2,27	0,69	0,58	0,79	0,43	2,31	14,7	4,3	13,3
Ф+N ₄₅ +биопрепарат V 167	2,42	0,72	0,59	0,89	0,45	2,50	15,2	4,7	13,8
Ф+N ₄₅ +биопрепарат V 417	2,22	0,66	0,57	0,69	0,44	2,42	13,5	4,6	13,7
Ф+N ₉₀	2,40	0,72	0,58	0,99	0,40	2,46	15,7	4,5	13,0
P, %							2,29	2,14	2,47
НСР ₀₅							0,9	0,2	0,8

нии в дозе N₉₀. Высота растений имела тенденцию к увеличению по сравнению с РК-фоном, при этом достоверный рост на РК-фоне наблюдали только при использовании стандартного биопрепарата и V167, последний был эффективен также на фоне полного минерального удобрения.

Яровая пшеница характеризуется низкой продуктивной кустистостью, но при инокуляции семян стандартным биопрепаратом она увеличивалась как на РК-фоне, так и с минеральными удобрениями. [9] Урожайность зерна возрастала и из-за роста длины колоса, что отражает улучшение условий минерального питания растений и положительное воздействие микроорганизмов в составе биопрепаратов. [6] Наиболее высокое значение показателя (7,39...7,66 см) яровая пшеница формировала со стандартным биопрепаратом на обоих фонах внесения минеральных удобрений (табл. 3).

При оценке химического состава урожая установлена тенденция повышения концентрации азота в зерне, особенно в вариантах с азотным удобрением и биопрепаратом V167 на обоих фонах минеральных удобрений. В соломе также наблюдали увеличение концентрации азота при использовании на фоне полного минерального удобрения вышеуказанного

препарата. Приведенный факт свидетельствует об улучшении условий азотного питания растений. [1] Содержание фосфора в зерне и соломе яровой пшеницы повышалось при обеспечении растений азотом с внесением одного минерального удобрения, а также применением биопрепаратов (табл. 4).

В результате увеличения массы зерна и соломы и концентрации в них NPK количество азота и фосфора в урожае возросло в 1,5, калия – 1,3 раза (табл. 4). Максимальный рост накопления элементов питания отмечен при внесении под культуру азотного удобрения, а также биопрепаратов на обоих фонах с удобрениями. Это свидетельствует о положительном влиянии изучаемых биопрепаратов на потребление элементов питания, в том числе и вносимых с минеральными удобрениями. [4, 6]

Таким образом, урожайность зерна яровой пшеницы достоверно возрастала в результате инокуляции семян на РК-фоне, при этом прибавки от всех биопрепаратов составляли от 25 до 42%. Эффективность V167 соответствовала, а V417 превышала стандартный препарат Экстрасол. Увеличение дозы азотного удобрения с 45 до 90 кг/га обеспечивает рост урожайности зерна. Посев инокулированных биопрепаратами семян яровой пшеницы на фоне

N_{45} способствует получению урожая, как при внесении под культуру азотного удобрения в дозе N_{90} . На фоне N_{45} все изучаемые препараты по влиянию на урожайность зерна равноценны.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Алферов А.А. Ассоциативный азот, урожай и устойчивость агроэкосистемы. М.: РАН, 2020. 184 с.
- Войтович Н.В., Никифоров В.М. Формирование урожая яровой пшеницы в современных технологиях//Агрохимический вестник. 2009. № 4. С. 38–40.
- Завалин А.А., Соколов О.А. Азот и качество зерна пшеницы//Плодородие. 2018. № 4. С. 14–17.
- Завалин А.А., Тарасов А.Л., Чеботарь В.К., Казаков А.Е. Эффективность применения под яровую пшеницу аммиачной селитры, обработанной биопрепаратом // Вестник Россельхозакадемии. 2008. № 1. С. 64–66.
- Оценка эффективности микробных препаратов в земледелии / под общ. ред. А.А. Завалина. М.: РАСХН, 2000. 82 с.
- 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. 154 с.
- Шафран С.А. Проблемы азота в земледелии России и ее решение // В сб.: Плодородие почв России: состояние и возможности. Сборник статей (к 100-летию со дня рождения Т.Н. Кулаковской). Под ред. В.Г. Сычева. М.: 2019. С. 32–39.
- Электронный ресурс: <http://kniga.seluk.ru/k-mehnika/1095608-1-effektivnost-primeneniya-biopreparata-ekstrasol-moskva-2007-rossiyskaya-akademiya-selskohozyaystvennih-nauk-vsere.php>. Дата обращения 04.04.2022.
- Электронный ресурс: <https://agrosver.ru/b/yarovaya-pshenitsa-zlata-es-1460389.htm>. Дата обращения 04.04.2022.
- Abedi T., Alemzadeh A., Kazemeini S.A. Effect of organic and inorganic fertilizers on grain yield and protein banding pattern of wheat//Australian Journal of Crop Science. 2010. V. 4(6). P. 384–389.
- Azeez J.O. Effects of nitrogen application and weed interference on performance of some tropical maize genotypes in Nigeria//Pedosphere. 2009. V. 19(5). P. 654–662.
- Christiansen M.J., Andersen S.B., Ortiz R. Diversity changes in an intensively bread wheat germplasm during the 20th century//Mol Breed. 2002. V. 9. P.1–11
- Diacono M., Rubino P., Montemurro F. Precision nitrogen management of wheat; a review//Agronomy for Sustainable Development. 2013. V. 33(1). P. 219–241.
- Kizilkaya R. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains//Ecological Engineering. 2008. V. 33(2). P. 150–156.
- Vessey J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers//Plant and Soil. 2003. V. 255. P. 571–586.
- Sary G.A., El-Naggar H.M., Kabesh M.O. et al. Effect of bio-organic fertilization and some weed control treatments on yield and yield components of wheat//World Journal of Agricultural Sciences. 2009. V. 5(1) P. 55–62.
- Scursioni J.A., Palmano M., De Notta A., Delfino D. Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) density and N fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in Argentina//Crop Protection. 2012. V. 32. P. 36–40.
- Slafer G.A., Miralles D.J. Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments. Field Crops Research. 2012. V. 128. P. 167–179.
- Alferov A.A. Associativnyj azot, urozhaj i ustojchivost' agroekosistemy. M.: RAN, 2020. 184 s.
- Vojtovich N.V., Nikiforov V.M. Formirovanie urozhaya yarovoj pshenicy v sovremennyh tekhnologiyah//Agrohimicheskij vestnik. 2009. № 4. S. 38–40.
- Zavalin A.A., Sokolov O.A. Azot i kachestvo zerna pshenicy//Plodородие. 2018. № 4. S. 14–17.
- Zavalin A.A., Tarasov A.L., Chebotar' V.K., Kazakov A.E. Effektivnost' primeneniya pod yarovuyu pshenicu ammiachnoj selitry, obrabotannoj biopreparatom // Vestnik Rossel'hozakademii. 2008. № 1. S. 64–66.
- Ocenka effektivnosti mikrobnih preparatov v zemledelii / pod obshch. red. A.A. Zavalina. – M.: RASKHN, 2000. 82 s.
- Tihonovich I.A., Kozhemyakov L.N., Chebotar' V.K. Biopreparaty v sel'skom hozyajstve (Metodologiya i praktika primeneniya mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproizvodstve). M.: RASKHN, 2005. 154 s.
- Shafraan S.A. Problemy azota v zemledelii Rossii i ee reshenie //V sb.: Plodородие pochv Rossii: sostoyanie i vozmozhnosti. Sbornik statej (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya T.N. Kulakovskoj). Pod red. V.G. Sycheva. M.: 2019. S. 32–39.
- Elektronnyj resurs: <http://kniga.seluk.ru/k-mehnika/1095608-1-effektivnost-primeneniya-biopreparata-ekstrasol-moskva-2007-rossiyskaya-akademiya-selskohozyaystvennih-nauk-vsere.php>. Data obrashcheniya 04.04.2022.
- Elektronnyj resurs: <https://agrosver.ru/b/yarovaya-pshenitsa-zlata-es-1460389.htm>. Data obrashcheniya 04.04.2022.
- Abedi T., Alemzadeh A., Kazemeini S. A. Effect of organic and inorganic fertilizers on grain yield and protein banding pattern of wheat//Australian Journal of Crop Science. 2010. V. 4(6). P. 384–389.
- Azeez J.O. Effects of nitrogen application and weed interference on performance of some tropical maize genotypes in Nigeria//Pedosphere. 2009. V. 19(5). P. 654–662.
- Christiansen M.J., Andersen S.B., Ortiz R. Diversity changes in an intensively bread wheat germplasm during the 20th century//Mol Breed. 2002. V. 9. P.1–11
- Diacono M., Rubino P., Montemurro F. Precision nitrogen management of wheat; a review//Agronomy for Sustainable Development. 2013. V. 33(1). P. 219–241.
- Kizilkaya R. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains//Ecological Engineering. 2008. V. 33(2). P. 150–156.
- Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers//Plant and Soil. 2003. V. 255. P. 571–586.
- Sary G.A., El-Naggar H.M., Kabesh M.O. et al. Effect of bio-organic fertilization and some weed control treatments on yield and yield components of wheat//World Journal of Agricultural Sciences. 2009. V. 5(1) P. 55–62.
- Scursioni J.A., Palmano M., De Notta A., Delfino D. Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) density and N fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in Argentina//Crop Protection. 2012. V. 32. P. 36–40.
- Slafer G.A., Miralles D.J. Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments. Field Crops Research. 2012. V. 128. P. 167–179.

REFERENCES