

УДК 631.811 + 631.816.631

DOI 10.18286/1816-4501-2019-3-54-58

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Куликова Алевтина Христофоровна,¹ доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая кафедрой «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

Сайдяшева Галина Владимировна,² кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией агрохимии

Ляценок Александр Николаевич,¹ соискатель кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

¹ ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

² Ульяновский НИИСХ - филиал СамНЦ РАН

¹432017, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, Россия тел.: 8(8422)55-95-47. e-mail: agroec@yandex.ru

² 433315, Ульяновская область, Ульяновский район, п. Тимирязевский, ул. Институтская, 19; тел: 8 (84254)3-41-32; e-mail:Galina_83@list.ru

Ключевые слова: биомодифицированное удобрение, овес, урожайность, биопрепарат, коэффициенты использования элементов питания.

Резкое сокращение применения в агротехнологиях органических и минеральных удобрений обуславливает необходимость поиска дополнительных источников питания растений полевых культур. Есть и другая сторона интенсификации земледелия – применение высоких доз минеральных удобрений чревато негативными экологическими последствиями для окружающей среды и качества продукции. Последнее обуславливает необходимость исследований, направленных на уменьшение доз минеральных удобрений с одновременным повышением коэффициентов использования из них элементов питания. Цель работы – изучение сравнительной эффективности минеральных и биомодифицированных минеральных удобрений, а также биопрепарата Бисолбифит при возделывании овса на черноземе выщелоченном Среднего Поволжья. Исследования проводили на опытном поле Ульяновского НИИСХ в 2016–2018 годы в зернопаровом севообороте: пар чистый - озимая пшеница - яровая пшеница - ячмень - овес. Схема опыта включала 5 вариантов: 1) Контроль без удобрений; 2) Бисолбифит – предпосевная обработка семян дозой 400–600 г/т; 3) NPK – Азофоска в дозе 15 кг д.в./га; 4) NPKм – обработка гранул Азофоски в дозе 15 кг д.в./га биопрепаратом; 5) ½ NPKм – обработка гранул Азофоски в дозе 7,5 кг д.в./га биопрепаратом. Удобрения вносили в рядки при посеве культуры. Применение удобрений сопровождалось увеличением выноса с урожаем зерна и соломы овса: азота – на 26-71 %, фосфора – 3-9 % и калия на 6-25 %, причем основная доля выноса приходилась на зерно. Биомодификация Азофоски препаратом Бисолбифит позволила увеличить коэффициенты использования азота из удобрения на 4-8 %, фосфора на 7-16 %, калия на 5-15 %. Урожайность овса при этом повысилась на 0,13 – 0,15 т/га (на контроле 2,15 т/га). Прибавка урожайности от половинной дозы биомодифицированной Азофоски была такая же, что и от полной ее дозы. Последнее свидетельствует об эффективности биомодификации минеральных удобрений.

Введение

В настоящее время смещаются акценты в вопросах применения биологических удобрений. Если раньше бактериальные препараты применя-

ли в основном самостоятельно, для предпосевной обработки семян или обработки вегетирующих растений [1, 2, 3], то сейчас предлагается использовать их, непосредственно нанося на минеральные

удобрения перед внесением в почву (биомодифицированное удобрение). Последнее позволяет, по мнению авторов [4], снизить дозы удобрений, с одновременным повышением коэффициентов использования из них питательных веществ.

В связи с вышеизложенным целью исследования являлось изучение сравнительной эффективности минеральных и биомодифицированных минеральных удобрений, а также биопрепарата Бисолбифит при возделывании овса на черноземе выщелоченном Среднего Поволжья.

Объекты и методы исследований

Исследования проводили на стационарном участке опытного поля Ульяновского научно-исследовательского института сельского хозяйства в 2016–2018 годы в зернопаровом севообороте: пар чистый - озимая пшеница - яровая пшеница - ячмень - овес. Почва опытного поля – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 6,43–6,62 %, доступных соединений фосфора и калия (по Чирикову) 214–228 и 101–117 мг/кг почвы, рН_{ксл} 6,3–6,8 единиц.

Объектами исследований являлись:

-минеральное удобрение Азофоска с содержанием азота, фосфора и калия по 15% (NPK);

-микробиологический препарат Бисолбифит, основу которого составляет штамм ризосферных бактерий *Bacillus Subtilis* Ч-13. Бактерии обладают способностью синтезировать вещества, подавляющие развитие фитопатогенных грибов и бактерий, а также вещества, стимулирующие рост растений [13];

- биомодифицированное удобрение (NPKM; ½ NPKM). Для приготовления биомодифицированного удобрения использовали сухую форму биопрепарата Бисолбифит из расчета 4 кг на 1 т удобрений. Биопрепарат наносили на минеральное удобрение в день его внесения в почву.

Схема опыта состояла из 5 вариантов:

1. Контроль без удобрений
2. Бисолбифит – предпосевная обработка семян дозой 400–600 г/т
3. NPK – Азофоска в дозе по 15 кг д.в./га
4. NPKM – обработка гранул Азофоски в дозе по 15 кг д.в./га биопрепаратом
5. ½ NPKM – обработка гранул Азофоски в дозе по 7,5 кг д.в./га биопрепаратом.

Удобрения вносили в рядки при посеве культуры.

Учетная площадь делянок 100 м² (4×25), повторность трехкратная, расположение их рандомизированное, организация полевых опытов, отбор почвенных и растительных образцов, проведение наблюдений и лабораторных анализов

Таблица 1

Химический состав зерна и соломы овса при применении удобрений, % на воздушно-сухое вещество. (2016–2018 г.г.)

Вариант	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль	1,72	1,17	0,65	0,31	0,54	1,15
2. Бисолбифит	1,81	1,17	0,73	0,32	0,56	1,14
3. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1,95	1,23	0,75	0,37	0,60	1,25
4. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ M	2,03	1,23	0,75	0,37	0,63	1,27
5. ½ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ M	1,92	1,23	0,75	0,34	0,60	1,25

осуществляли по соответствующим ГОСТам.

Результаты исследований

Результаты исследования показали, что внесение Азофоски и биопрепарата Бисолбифит оказывает неоднозначное действие на содержание элементов питания в зерне и соломе овса. Внесение биопрепарата в почву с семенами или нанесение их на гранулы минеральных удобрений увеличивало содержание азота в зерне на 0,09–0,31 % (табл. 1). Содержание фосфора в зерне имело тенденцию к возрастанию, которое изменялось в пределах 1,17–1,31 % и в среднем по опыту составило 1,20 %.

В отличие от фосфора концентрация калия в зерне овса в большей степени определялась погодными условиями вегетационного периода. Максимальное накопление калия в зерне наблюдали при недостатке атмосферных осадков (2018 г.) и минимальное – при их избытке (2017 г.), что в первую очередь связано с величиной урожайности зерна. Содержание калия в зерне в среднем за 3 года находилось на уровне 0,65–0,75 %.

В соломе концентрация азота варьировала от 0,31 до 0,37 %. При внесении Азофоски отмечали возрастание содержания азота. Применение биопрепарата существенно не отразилось на концентрации азота в соломе. Содержание фосфора повышалось с 0,54 до 0,63 %. Содержание калия по вариантам опыта изменялось от 1,15 до 1,27 %. Внесение Азофоски обеспечило увеличение концентрации калия по отношению к контролю на 0,10–0,17 %. На содержание фосфора и калия в соломе овса предпосевная обработка не повлияла.

При применении удобрений очень важно повысить эффективность использования элементов питания растениями, которая зависит от множества факторов. Прежде всего, она определяется свойствами самих удобрений и почвы, куда они вносятся, и возможной их трансформацией в ней. Так, азотные удобрения полностью растворимы и хорошо усваиваются растениями. В связи с этим коэффициент использования азота из азотных удобрений составляет не менее 50%. Фосфор при вне-

Таблица 2

Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из удобрений, %. (2016–2018 г.г.)

№ п/п	Вариант	Коэффициент использования удобрений		
		N	P	K
1	Контроль	-	-	-
2	Бисолбифит	-	-	-
3	N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	59	32	58
4	N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ M	67	39	63
5	½ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ M	63	48	73

сении в почву даже растворимых его соединений (суперфосфат) на любых почвах быстро переходит в малодоступные формы в связи с химическим поглощением и усвояемость его из фосфорных удобрений не превышает 30 %. Калий из калийных удобрений более доступен растениям. Следует отметить, что корневая система самих культур обладает разной усвояющей способностью. При этом доступность растениям, а, следовательно, и коэффициенты использования ими элементов питания из почвы и удобрений снижаются при любом ухудшении физиологического состояния их развития. В отдельных случаях растения могут испытывать дефицит элементов питания даже при достаточном содержании их в почве вследствие физиологической недоступности питательных веществ, наблюдаемой, например, при засухе, переувлажнении почвы и недостатке кислорода, высокой кислотности, повышенном содержании алюминия и марганца, низком содержании других биофильных элементов и высокой засоренности посевов [5, 7, 13].

При расчете коэффициентов использования азота, фосфора и калия из различных удобрений нами использован метод, предложенный Б.Я. Ягодиным, который достаточно часто применяют исследователи [6, 11, 13]. Метод показывает долю их потребления растениями от общего количества внесенного с удобрением элемента питания на создание прибавки урожая. Коэффициент достаточно условный, так как не учитывает обеспеченность самой почвы элементами, но позволяет оценить процессы и условия питания растений. Данные по расчету коэффициентов использования растениями овса азота, фосфора и калия из минеральных удобрений представлены в таблице 2.

Из приведенных данных следует, что коэффициент использования азота из Азофоски достиг 59 %. На вариантах, где была внесена биомодифицированная Азофоска, он составлял 67 и 63 %. Таким образом, биомодификация дополнительно

повышала коэффициент использования азота из минерального удобрения на 4–8 % по отношению необработанного биопрепаратом варианта. Аналогичную закономерность наблюдали и в отношении использования фосфора и калия из удобрений, где соответствующие коэффициенты повышались на 7–16 % и 5–15 %. Фосфора из удобрений на формирование урожайности растения овса потребляли существенно меньше, чем азота и калия.

Установлено, что активная колонизация корней растений бактериями *Bacillus Subtilis* улучшает развитие корневых волосков и их поглотительная способность увеличивается. Последнее способствует более эффективному использованию растениями элементов питания из почвы и удобрений, что позволяет на 30–40 % снизить дозы удобрений и дополнительно вовлечь в агроценоз биогенные элементы [12].

Накопление основных элементов питания овса зависит от размеров основной (зерно) и побочной (солома) продукции и содержания в них азота, фосфора и калия [8, 9, 10]. На вынос с урожаем элементов питания воздействовали, прежде всего, погодные условия, поскольку размеры урожая основной и побочной продукции зависели от количества атмосферных осадков в период вегетационного периода экспериментальной культуры.

В наших исследованиях на величину общего выноса повлияли изменения в урожайности и содержание элементов в основной и побочной продукции, где основная доля выноса приходилась на зерно (табл. 3). В среднем за 3 года при применении минерального удобрения и биопрепарата Бисолбифит суммарный вынос азота зерном и соломой (кг/га) изменялся от 44,3 до 55,0 кг/га. Обработка Азофоски биопрепаратом обеспечила возрастание выноса азота по отношению к контролю на 10,6 % (4,7 кг/га). Размер выноса азота при инокуляции семян составил 7,2 % (3,2 кг/га).

Вынос фосфора с урожаем зерна изменялся от 25,1 до 28,2 кг/га, с соломой - с 12,7 до 15,9 кг/га. Биомодификация повышала вынос фосфора зерном овса на 11–12 %, соломой на 6–25 %. Суммарный вынос фосфора от применения минерального удобрения и биопрепарата увеличивался с 39,2 до 44,2 кг/га. Вынос (общий) калия зерном и соломой изменялся с 41 до 51,2 кг/га. Использование всех видов изучаемых удобрений повышало вынос калия от 13,0 до 25 %.

При внесении Азофоски, биомодифицированной Азофоски и биопрепарата наблюдали увеличение массы соломы. При этом коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{хоз}$) (показывающий долю зерна в общей надземной

биомассе) существенно не изменялся и находился на уровне 0,47.

Доза комплексного удобрения, использованного в опытах, невысокая и составляла всего по 15 кг действующего вещества каждого элемента (азота, фосфора, калия). Тем не менее, она оказала положительное влияние на формирование урожайности культуры, прибавка которой составила 0,13 т/га. Биомодификация его позволила в 2 раза снизить дозу Азофоски и получить такую же прибавку в 0,13 т/га зерна (табл. 4). Урожайность зерна овса, ненамного превышающая вариант с половиной дозой биомодифицированного удобрения, сформировалась на варианте $N_{15}P_{15}K_{15M}$.

Следует отметить, что дозы удобрений, которые применяли в опыте, минимальные, и формирование урожайности культуры происходило за счет почвенных запасов элементов питания. С точки зрения воспроизводства и сохранения плодородия почвы необходимо продолжить исследования по выявлению наиболее эффективных в этом отношении доз биомодифицированных удобрений.

Выводы

1. При применении минерального удобрения (Азофоски) (в том числе биомодифицированного) и биопрепарата Бисолбифит увеличивался вынос азота, фосфора и калия как основной, так и побочной продукцией овса. Увеличение выноса обусловлено ростом урожайности и повышением содержания данных элементов в продукции. Содержание азота в зерне изменялось от 1,72 до 2,03 %, фосфора - от 1,17 до 1,23 %, калия - от 0,65 до 0,75 %; в соломе содержание азота варьировало от 0,31 до 0,37 %, фосфора - от 0,54 до 0,63 % и калия - от 1,15 до 1,27 %.

2. Биомодификация комплексного удобрения Азофоска препаратом Бисолбифит увеличила коэффициенты использования азота при возделывании овса на 4–8 %, фосфора – на 7–16 %, калия – на 5–15 %.

3. Прибавка урожайности овса от половинной дозы биомодифицированной Азофоски была такая же, что и от полной ее дозы, и составила 0,13 т/га (на контроле 2,15 т/га).

4. Дозы применяемых удобрений минимальные, и формирование урожайности культуры происходило большей частью за счет почвенных запасов элементов питания. Необходимо продолжить исследования в данном направлении с использованием более высоких доз биомодифицированных удобрений.

Таблица 3

Влияние минерального удобрения и модификатора на вынос NPK основной и побочной продукцией овса (2016–2018 г.г.)

Вариант*	Вынос, кг/га						Общий вынос, кг/га			K _{хоз} **
	зерно			солома			N	P	K	
	N	P	K	N	P	K				
1	36,9	25,1	13,9	7,3	12,7	27,1	44,3	37,9	41,1	0,47
2	39,8	25,7	16,0	7,7	13,5	31,8	47,5	39,2	47,9	0,47
3	44,4	28,0	17,1	9,2	15,0	33,3	53,7	43,0	50,4	0,47
4	45,6	28,2	17,2	9,3	15,9	33,9	55,0	44,2	51,2	0,47
5	40,5	28,0	17,1	8,5	13,5	29,5	49,0	41,5	46,6	0,47

*1. Контроль; 2. Бисолбифит; 3. NPK; 4. NPKM; 5. ½ NPKM

**K_{хоз} – коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза

Таблица 4

Урожайность овса в зависимости от применения удобрений, средняя за 2016–2018 г.г.

№ п/п	Вариант	Урожайность т/га	Отклонение от нормы	
			т/га	%
1	Контроль	2,15	-	-
2	Бисолбифит	2,20	0,05	2,3
3	$N_{15}P_{15}K_{15}$	2,28	0,13	6,0
4	$N_{15}P_{15}K_{15}M$	2,30	0,15	7,0
5	$\frac{1}{2} N_{15}P_{15}K_{15}M$	2,28	0,13	6,0
HCP ₀₅			0,10	

Библиографический список

- Бондаренко, А.Н. Изучение биопрепаратов на основе ассоциативных азотофиксирующих микроорганизмов при возделывании яровых зерновых культур в Астраханской области / А.Н. Бондаренко, В.П. Зволинский // Агрехимический вестник. – 2012. – № 2. – С. 22–23.
- Junge, H. Strain selection, production and formulation of the biological plant vitality enhancing agent FZB24 Bacillus subtilis / H. Junge, P. Krebs, M. Kilian // Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer. – 2000. – Vol. 1. – P. 94–104.
- Geographical regularities of effect of inoculation with associative diazotrophs on the productivity of cereals / A.A. Zavalin, L.V. Vinogradova, T.M. [et al.] // Plant Microbial Interactions: Positive interactions in relation to crop production and utilization. Aspects of Applied Biology. – 2001. – Vol. 63. – P. 123–127.
- Гаврилова, Анна Юрьевна. Эффективность применения сложных биомодифицированных минеральных удобрений под ячмень на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / А.Ю. Гаврилова: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Ю.А. Гаврилова. – Москва, 2018. – 20 с.

5. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин. – Москва, 1989. – 656 с.

6. Перспективная ресурсосберегающая технология производства овса. – Москва, 2009. – 60 с.

7. Чекмарев, П.А. Система удобрения в условиях биологизации земледелия / П.А. Чекмарев // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 12. – С. 10–12.

8. Петров, В.Б. Микробиологические препараты в биологизации земледелия России / В.Б. Петров // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – № 10. – С. 16.

9. Куликова, А.Х. Погодные условия, плодородие почвы, удобрение и урожай / А.Х. Куликова // Земледелие. – 2008. - № 2. - С. 17–18.

10. Эффективность применения эндофитных биопрепаратов и азотного удобрения / А.А. Алферов, Л.С. Чернова, А.А. Завалин, В.К. Чеботарь

// Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 5. – С. 21–24.

11. Biologization and efficiency of crop rotation types under Conditions of the Forest-Steppe zone of the Volga Region / A.L. Toigildin, V.I. Morozov, M.I. Podsevalov [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, № 6. – P. 1063–1070.

12. Kulikova, A.Kh. Biopreparations in the Spring wheat Fertilization system / A.Kh. Kulikova, S.N. Nikitin, A.L. Toigildin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2017. - Vol. 8, № 1. – P. 1796–1800.

13. African Journal of Botany Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on plant hormone homeostasis / K.A. Tsukanova, V.K. Chebotar, T.N. Bibikova, J.M. Meyer // South African Journal of Botany. – 2017. – Vol. 113. – P. 91–102.

EFFICIENCY OF MODIFIED FERTILIZERS FOR CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS IN THE MIDDLE VOLGA REGION

Kulikova A. Kh.,¹ Saydyasheva G.V.,² Lashchenkov A.N.¹

¹ FSBEI HE Ulyanovsk State Agrarian University

² Ulyanovsk Research Institute of Agriculture - Branch of SamSC RAS

¹432017, Ulyanovsk, 1 Novy Venets Boulevard, Russia tel.: 8 (8422) 55-95-47. e-mail: agroec@yandex.ru

² 433315, Ulyanovsk Region, Ulyanovsk District, Timiryazevsky v., Institutskaya st., 19; tel: 8 (84254) 3-41-32; e-mail: Galina_83@list.ru

Key words: biomodified fertilizer, oats, yield, biological product, nutrient utilization coefficient.

A sharp reduction in use of organic and mineral fertilizers in agricultural technologies necessitates the search for additional nutritional sources for field plants. There is another side to intensification of agriculture - the use of high doses of mineral fertilizers is fraught with negative environmental consequences for the environment and product quality. The latter necessitates studies aimed at reducing doses of mineral fertilizers while increasing utilization rates of nutrients from them. The purpose of the work is to study the comparative effectiveness of mineral and biomodified mineral fertilizers, as well as Bisolbifit biological product in oats cultivation on leached black soil of the Middle Volga. The studies were carried out on the experimental field of Ulyanovsk Research Institute of Agriculture in 2016–2018 in a grain-crop rotation: clean fallow - winter wheat - spring wheat - barley - oats. The experiment scheme included 5 variants: 1) Control without fertilizers; 2) Bisolbifit - presowing treatment of seeds with a dose of 400–600 g / t; 3) NPK – Azofoska at a dose of 15 kg Al / ha; 4) NPKm - treatment of Azofoska granules with biological product at a dose of 15 kg Al / ha; 5) ½ NPKm - treatment of Azofoska granules with biological product at a dose of 7.5 kg Al / ha. Fertilizers were added to the rows when sowing the crop. The use of fertilizers was accompanied by an increase of NPK intake with oats gain and straw harvest: nitrogen - by 26–71%, phosphorus - 3 - 9% and potassium by 6–25%, with the main intake share from grain. Biomodification of Azofoska with Bisolbifit fertilizer allowed to increase the utilization rates of nitrogen from fertilizer by 4–8%, phosphorus by 7–16%, potassium by 5–15%. The yield of oats increased by 0.13 - 0.15 t / ha (2.15 t / ha in the control). The yield increase from a half dose of biomodified Azofoska was the same as from its full dose. The latter indicates the effectiveness of biomodification of mineral fertilizers.

Bibliography

1. Bondarenko, A. N. The study of biological products based on associative nitrogen-fixing microorganisms in cultivation of spring crops in Astrakhan region / A.N. Bondarenko, V.P. Zvolinsky // Agrochemical Vestnik. - 2012. - No. 2. - P. 22–23.
2. Junge, H. Strain selection, production and formulation of the biological plant vitality enhancing agent FZB24 *Bacillus subtilis* / H. Junge, P. Krebs, M. Kilian // Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer. – 2000. - Vol. 1. – P. 94–104.
3. Geographical regularities of effect of inoculation with associative diazotrophs on the productivity of cereals / A.A. Zavalin, L.V. Vinogradova, T.M. [et al.] // Plant Microbial Interactions: Positive interactions in relation to crop production and utilization. Aspects of Applied Biology. – 2001. – Vol. 63. – P. 123–127.
4. Gavrilova, Anna Yurievna. The effectiveness of complex biomodified mineral fertilizers for barley on sod-podzolic light loamy soil / A.Yu. Gavrilova: author's abstract of dissertation of Candidate of Agriculture: 06.01.04 / Yu.A. Gavrilova. - Moscow, 2018. – 20 p.
5. Yagodin, B.A. Agrochemistry / B.A. Yagodin. - Moscow, 1989. – 656 p.
6. Promising resource-saving technology for oats production. - Moscow, 2009. – 60 p.
7. Chekmarev, P.A. Fertilizer system in the conditions of biologization of agriculture / P.A. Chekmarev // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2012. - No. 12. - P. 10–12.
8. Petrov, V.B. Microbiological preparations in the biologization of agriculture in Russia / V. B. Petrov // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2002. - No. 10. - P. 16.
9. Kulikova, A.Kh. Weather conditions, soil fertility, fertilizer and crop / A.Kh. Kulikova // Agriculture. - 2008. - No. 2. - P. 17–18.
10. The effectiveness of use of endophytic biological products and nitrogen fertilizer / A.A. Alferov, L.S. Chernova, A.A. Zavalin, V.K. Chebotar // Vestnik of the Russian agricultural science. - 2017. - No. 5. - P. 21–24.
11. Biologization and efficiency of crop rotation types under Conditions of the Forest-Steppe zone of the Volga Region / A.L. Toigildin, V.I. Morozov, M.I. Podsevalov [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, № 6. – P. 1063–1070.
12. Kulikova, A.Kh. Biopreparations in the Spring wheat Fertilization system / A.Kh. Kulikova, S.N. Nikitin, A.L. Toigildin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2017. - Vol. 8, № 1. – P. 1796–1800.
13. African Journal of Botany Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on plant hormone homeostasis / K.A. Tsukanova, V.K. Chebotar, T.N. Bibikova, J.M. Meyer // South African Journal of Botany. – 2017. – Vol. 113. – P. 91–102.