

**Дифференциация управления минеральным питанием подсолнечника
на основе применения биопрепаратов ассоциативной азотфиксации в условиях Ростовской области**

Антон Александрович Громаков, Владимир Валерьевич Турчин, Борис Андреевич Копылов

Донской государственный аграрный университет, Ростовская обл., Октябрьский р-н, пос. Персиановский, Россия
e-mail agromakow@gambler.ru.

Аннотация. В статье приведены результаты трехлетних исследований влияния биопрепаратов производства Всероссийского НИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург) и минеральных удобрений при совместном и раздельном применении на урожайность подсолнечника на черноземе обыкновенном в условиях северо-западной зоны Ростовской области. Проведенные исследования позволили дать рекомендации по дифференциации управления питанием подсолнечника при получении продукции с различными характеристиками. Для производства маслосемян рядового качества наибольший эффект дало внесение весной под культивацию N60P40 – прибавка урожайности к контролю составила 0,31 т/га, или 22,6 %. Для снижения напряженности весенне-полевых работ равноценным будет осеннее внесение под вспашку N60P40K40 или N60P80. При необходимости уменьшения антропогенной нагрузки на агроценоз и получения сельскохозяйственной продукции улучшенного качества следует предпочесть весеннее применение N30P40 в сочетании с внесением в ризосферу растений биопрепарата Мизорин 7. Здесь прибавка урожайности к контролю не уступала традиционной системе удобрения. При полном отказе от использования минеральных удобрений с целью получения органической продукции корректировать питание подсолнечника целесообразно только внесением в ризосферу биологических препаратов со штаммами ассоциативных азотфиксаторов – Мизорин 7, Мизорин 204 и 2П-7. Такой агроприем повышал урожайность посева подсолнечника на 11,7–14,6 %.

Ключевые слова: подсолнечник; чернозем обыкновенный; урожайность; минеральные удобрения; биопрепарат.

Для цитирования: Громаков А. А., Турчин В. В., Копылов Б. А. Дифференциация управления минеральным питанием подсолнечника на основе применения биопрепаратов ассоциативной азотфиксации в условиях Ростовской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 1. С. 8–12. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i1pp8-12>.

AGRONOMY

Original article

Differentiation of sunflower mineral nutrition control based on the application of biopreparations of associative nitrogen fixation in the conditions of the Rostov region

Anton A. Gromakov, Vladimir V. Turchin, Boris A. Kopylov

Don State Agrarian University, Rostov region, Oktyabrsky district, Persianovsky, Russia.
e-mail: agromakow@rambler.ru.

Abstract. The article presents the results of three-year studies of the effect of biological products produced by the All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology (St. Petersburg) and mineral fertilizers, when applied jointly and separately, on the yield of sunflower on ordinary chernozem in the north-western zone of the Rostov region. The research carried out made it possible to give recommendations on the differentiation of sunflower nutrition control when producing products with different characteristics. For the production of oilseeds of ordinary quality, the greatest effect was after N60P40-fertilization during cultivation in spring. The increase in yield to the control was 0.31 t / ha, or 22.6%. To reduce the intensity of spring field work, autumn N60P40K40- or N60P80-fertilization during plowing will be equivalent. If it is necessary to reduce the anthropogenic load on the agroecosystem and produce agricultural products of improved quality, N30P40-fertilization in spring in combination with the application of the biological product Mizorin 7 into the rhizosphere of plants should be preferred. The increase in yield to control was not inferior to the traditional fertilization system. In order to obtain organic products without mineral fertilization, it is advisable to adjust the nutrition of sunflower only by application of biological preparations with strains of associative nitrogen fixers into the rhizosphere - Mizorin 7, Mizorin 204 and 2P-7. This agricultural practice increased the yield of sunflower sowing by 11.7-14.6%.

Keywords: sunflower; ordinary chernozem; yield; mineral fertilizers; biological product.

For citation: Gromakov A. A., Turchin V. V., Kopylov B. A. Differentiation of sunflower mineral nutrition control based on the application of biopreparations of associative nitrogen fixation in the conditions of the Rostov region. Agrarny nauchny zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(1):8–12.(In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i1pp8-12>.

Введение. Сохранение плодородия почв и повышение их продуктивности является одной из основных проблем современного сельскохозяйственного производства. Решение этой проблемы требует пересмотра и внесения изменений в системы земледелия и применяемых технологий возделывания сельскохозяйственных культур [10].

Одна из основных причин ухудшения плодородия почв – отрицательный баланс питательных веществ в земледелии. В настоящее время уровень применения минеральных удобрений сократился до 60–70 кг/га д.в., а практически уничтожение животноводства привело к уменьшению объемов внесения навоза в 3–5 раз. В результате приходная статья баланса питательных веществ в пахотных черноземах снизилась более чем в 2 раза [4, 5].

В последние годы в Российской Федерации появилась нормативно-правовая база для производства продукции растениеводства органического происхождения и сельскохозяйственной продукции улучшенного качества. Получение такой продукции основывается на полном или частичном отказе от традиционных средств химизации [1].

В связи с этим ведется поиск принципиально новых источников биогенных веществ и способов их вовлечения в продукционный процесс в агроценозе, обеспечивающих удовлетворение потребностей сельскохозяйственных расте-

© Громаков А. А., Турчин В. В., Копылов Б. А., 2022



ний в элементах питания. В качестве одного из таких источников можно с полным основанием считать биологический азот, фиксированный ассоциативными микроорганизмами в посевах небобовых культур.

Отечественными учеными созданы биопрепараты для интенсификации процесса азотфиксации. К настоящему времени известно более 200 видов бактериальных препаратов на основе ассоциативных diaзотрофов, оказывающих достоверно положительный эффект на продуктивность растений. В Российской Федерации производится около 20 коммерческих препаратов, действующим началом которых являются различные ассоциативные бактерии [11].

Использование для создания таких препаратов природных штаммов микроорганизмов обеспечивает высокую экологическую безопасность, благодаря многоступенчатой селекции из большого количества изолятов микроорганизмов отбираются только те, которые обладают наибольшей вирулентностью и активностью, то есть хорошо приживаются в ризосфере растений, эффективно фиксируют атмосферный азот [3, 8, 9].

Применение биологических препаратов и жидких удобрительно-стимулирующих составов, по мнению Р.М. Ницамова и др. [7], является перспективным направлением ускорения темпов роста производства масличного сырья в силу следующих причин: они стимулируют мощность роста всходов и ускоряют переход растений на автотрофное питание.

В связи с этим разработка ресурсосберегающих приемов повышения урожайности маслосемян подсолнечника на основе стимуляции естественных функций растительного организма посредством внесения бактериальных препаратов и подбора их оптимального сочетания с традиционными средствами химизации является актуальной проблемой современного земледелия.

Методика исследований. Исследования проводили в 2017–2019 гг. в АО ПСХ «Соколовское» Красносулинского района Ростовской области. Почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным среднесуглинистым с содержанием в пахотном слое 2,99 % гумуса. Она характеризовалась следующими показателями плодородия: pH_{KCl} – 7,3, валовое содержание азота – 0,21 % (ГОСТ Р 58596-2019 Методы определения общего азота), содержание подвижного фосфора – от 18,3 до 21,1 мг/кг, обменного калия – от 305 до 340 мг/кг (ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО). Данный зональный тип почвы сформировался на лессовидных и желто-бурых глинах, в связи с чем имеет глинистый гранулометрический состав. Несмотря на тяжелый гранулометрический состав, черноземы обыкновенные обладают вполне благоприятными физическими свойствами для возделывания подсолнечника.

Средняя многолетняя величина ГТК (за период с температурой выше 10 °С) в районе исследования составляет 0,6–0,7, что свидетельствует о засушливости территории. Показатель ГТК (за период с температурой выше 10 °С) за исследуемые годы составил 0,53. Это указывает, что период активной вегетации подсолнечника, в основном, протекал в условиях засухи.

В качестве объекта исследования выступал районированный в Северо-Кавказском регионе гибрид подсолнечника компании Лимагрен - ЛГ 5485. Площадь делянки 112 м² (10,0 × 11,2 м), учетная – 56 м², повторность опыта четырехкратная. Расположение опытных делянок рендомизированное. Агротехника возделывания подсолнечника – общепринятая в соответствии с зональными рекомендациями. Закладка опытов, проведение наблюдений и учётов в течение вегетации осуществляли согласно общепринятым методикам опытов с удобрениями [2, 12, 13].

В опыте изучали бактериальные препараты производства Всероссийского НИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург). Штаммы ассоциативных азотфиксаторов: Мизорин 7 (далее биопрепарат 1 – БП-1), Мизорин 204 (далее биопрепарат 2 – БП-2), 2П-7 (далее биопрепарат 3 – БП-3). Введение бактерий в ризосферу растений осуществлялось посредством внесения препаратов, смешанных с сухой структурированной почвой, через туковысевающие аппараты сеялки СУПН-8 [6]. В качестве минеральных удобрений в опыте были использованы: аммофос (12 % N, 50 % P₂O₅), аммонийная селитра (34,6 % N). Удобрения вносили вразброс вручную. Уборку урожая подсолнечника проводили вручную поделяночно.

Результаты исследований. Рассматривая наиболее значимый в зоне рискованного земледелия фактор, лимитирующий урожайность любой культуры в зоне исследований, – приход атмосферной влаги – следует отметить неравномерность выпадения осадков по годам. По количеству выпавших осадков можно выстроить следующий убывающий ряд: 2017 г. (525 мм) > 2018 г. (455 мм) > 2019 г. (407 мм), при среднемноголетнем приходе на уровне 420 мм атмосферной влаги.

Подсолнечник является относительно засухоустойчивой культурой. Вместе с тем, эта культура в период вегетации интенсивно поглощает воду и глубоко иссушает почву, поэтому в условиях недостаточного увлажнения, которые характерны для района проведения исследований, рациональное использование этой культурой почвенной влаги имеет прямое влияние на величину урожайности.

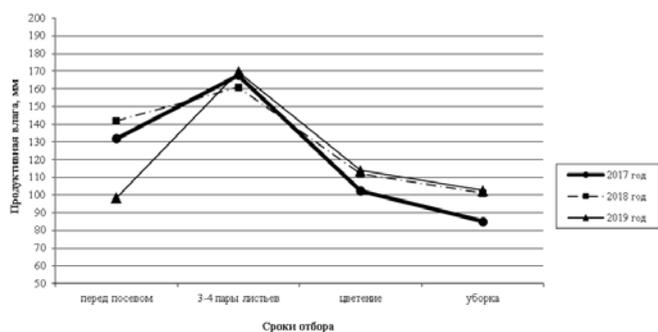
На контрольном варианте к моменту посева подсолнечника запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили в 2017 г. – 131,9 мм, в 2018 г. – 141,8 мм, в 2019 г. – 98,6 мм (см. рисунок).

Общая динамика запаса продуктивной влаги в период исследований заключалась в нарастании его уровня к следующему сроку наблюдения – 3–4 парам листьев – не менее 160 мм и в дальнейшем падении вплоть до уборки. Однако и к этому сроку в метровом профиле чернозема содержалось от 85 до 103 мм доступной влаги. Таким образом, режим почвенного увлажнения на протяжении вегетации поддерживался на удовлетворительном уровне во все годы исследований.

В 2017 г. минеральные удобрения обеспечили достоверную прибавку урожайности подсолнечника (см. таблицу). В блоке вариантов с двойными минеральными удобрениями при дозе фосфора 40 кг/га д.в. количество попутно внесенного азота мало влияло на урожайность подсолнечника – прибавка к контролю составляла 0,13–0,29 т/га.

Тройное удобрение (с добавлением калия к NP фону) не имело решающего преимущества перед двойным – прибавки урожайности подсолнечника составляли 0,20–0,33 т/га. В блоке вариантов с осенним применением туков ра-





Динамика продуктивной влаги в почве под подсолнечником, мм.
Слой 0-100 см

лю здесь составляла 0,29–0,30 т/га. Слабее проявил себя в плане влияния на посев культуры препарат 2П-7, однако и здесь получено дополнительно 0,20 т/га семян подсолнечника.

Сочетание Мизорина 7 с весенним применением N30P40 было нецелесообразным, лучшим было совместное внесение Мизорина 204 и минеральных удобрений – в блоке вариантов с двойным вмешательством в питание растений здесь получена наибольшая урожайность – на 20,0 % выше относительно контроля.

В 2018 г. минимальная доза минеральных удобрений обеспечила изменение урожайности посева подсолнечника на уровне НСР₀₅ опыта независимо от срока внесения. Впрочем, и между всеми одноименными вариантами, различающимися только сроком применения минеральных удобрений, в 2018 г. разницы практически не было – максимальное различие составило 0,03 т/га. Увеличение дозы азота на фоне P40 сопровождалось равномерным подъемом урожайности посева как на вариантах с осенним внесением, так и осенним. На фоне средней дозы азота – N60 – целесообразным было увеличение количества вносимого осенью фосфора до P80 – оно сопровождалось повышением урожайности еще на 0,10 т/га. Приблизительно на таком же уровне (1,41–1,45 т/га) отмечена урожайность на вариантах с триадой биогенных элементов. В этом блоке вариантов – N60P80 и тройные сочетания биогенных элементов независимо от срока применения – достигнут максимум урожайности подсолнечника в данном году. Таким же был эффект от сочетания минеральных удобрений и внесения в почву биопрепаратов – прибавка к контролю составляла 18–20 %. Применение только биологических препаратов проявило в этом году выравненное действие на посев подсолнечника – прибавка урожайности к контролю составляла 0,07–0,11 т/га, или 5,8–9,2 %.

В 2019 г. двойные минеральные удобрения с минимальной и средней дозами азота были совершенно равноценны по влиянию на урожайность подсолнечника независимо от срока внесения – прибавки по отношению к контролю составили 0,15 и 0,18–0,19 т/га соответственно. Увеличение дозы азота до 90 кг/га на фоне P40 осенью обеспечило такой же эффект, как и удвоение дозы фосфора на фоне N60. Здесь урожайность семян составила 1,39–1,41 т/га, прибавка урожайности к контролю – 0,25–0,27 т/га. Из тройных комбинаций элементов питания имело смысл дополнение калием азотно-фосфорных комбинаций в минимальной и умеренной дозах. В этом блоке вариантов лучшими были N60P40K40 осенью и N30P40K40 весной – превышение по урожайности над вариантом без удобрений составило 28,1 %. Тройное удобрение с дробным внесением азота было менее эффективным – прибавка составила 24,6 %, такое же действие на посев подсолнечника оказало применение N60P40K40 весной. Действие N60P80K40, внесенного осенью, было равноценно азотно-фосфорным удобрениям в половинной по азоту и фосфору дозе независимо от срока применения.

На естественном фоне питания Мизорин 7 не обеспечил достоверной прибавки урожайности, лучшим был препарат 2П-7, обеспечивший увеличение сбора семян на 0,17 т/га. Однако на фоне N30P40 препарат 2П-7 оказался аутсайдером, в наибольшей степени повлияли на подсолнечник препараты серии Мизорин, обеспечившие 0,29–0,34 т/га прибавки урожайности.

Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на урожайность маслосемян подсолнечника в 2017–2019 гг., т/га

Вариант	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	Прибавка к контролю	
					т/га	%
Контроль	1,78	1,20	1,14	1,37	-	-
N30P40 осень	2,02	1,25	1,29	1,52	0,15	10,9
N60P40 осень	1,91	1,31	1,33	1,52	0,15	10,9
N90 P40 осень	2,07	1,38	1,39	1,61	0,24	17,5
N30P40K40 + N30	2,08	1,41	1,42	1,64	0,27	19,7
N60P40K40 осень	2,11	1,43	1,46	1,67	0,30	21,9
N60P80 осень	2,15	1,41	1,41	1,66	0,29	21,2
N90P80 осень	2,02	1,36	1,35	1,58	0,21	15,3
N60P80K40 осень	1,98	1,37	1,30	1,55	0,18	13,1
N30P40 весна	2,03	1,25	1,29	1,63	0,26	19,0
N60P40 весна	2,24	1,34	1,32	1,68	0,31	22,6
N30P40K40 весна	2,13	1,45	1,46	1,60	0,23	16,8
N60P40K40 весна	1,98	1,41	1,42	1,51	0,14	10,2
БП-1 – Мизорин 7	2,07	1,29	1,16	1,54	0,17	12,4
БП-2 – Мизорин 204	2,08	1,27	1,26	1,53	0,16	11,7
БП-3 – 2П-7	1,98	1,31	1,31	1,57	0,20	14,6
N30P40 + БП-1	1,85	1,42	1,43	1,68	0,31	22,6
N30P40 + БП-2	2,14	1,43	1,48	1,61	0,24	17,5
N30P40 + БП-3	2,07	1,44	1,32	1,43	0,06	4,4
НСР ₀₅	0,08	0,05	0,10	-	-	-

ционально было лишь повышение дозы фосфора до P80 на фоне N60 – оно дало дополнительно 0,08 т/га семян подсолнечника. Добавление к повышенному фону фосфорного питания калия, а также дробление применения азота на два срока было нецелесообразным. Весеннее применение минеральных удобрений было заметно эффективнее осеннего только при средних испытывавшихся дозах. Так, эффективность N30P40 и N30P40K40 была практически идентичной независимо от срока внесения, весеннее внесение N60P40 дало на 0,33 т/га больший урожай, чем осеннее, а весеннее применение N60P40K40 уступало осеннему по влиянию на урожайность 0,13 т/га.

Биопрепараты серии Мизорин обеспечили получение урожайности на уровне 2,07–2,08 т/га, прибавка к контролю

В среднем за три года исследований двойное азотно-фосфорное удобрение целесообразнее было вносить под подсолнечник под предпосевную культивацию весной, нежели под вспашку осенью. Применение осенью N30-60P40 повысило урожайность семян на 0,15 т/га, тогда как N30P40 весной увеличило сбор семян на 0,26 т/га, а N60P40 – 0,31 т/га или в два раза больше, чем внесение такой же дозы осенью. Увеличение дозы азота в составе осеннего двойного удобрения до N90 на фоне P40 обозначило дальнейший рост урожайности, однако её уровень на этом варианте всего лишь достиг уровня N30P40 при весеннем применении. Полные удобрения были эффективны в умеренных дозах осенью – внесение N60P40K40 одновременно или с дробным применением азота в два срока позволило получить прибавку урожайности 20–22 %, тогда как на лучшем варианте весеннего применения НРК она составила 16,8 %. Удвоение дозы фосфора осенью или азота весной в составе полного набора биогенных элементов обозначило тенденцию к снижению урожайности посева.

Биопрепараты проявили сглаженное действие на урожай подсолнечника на естественном фоне питания растений. В этом блоке вариантов урожайность семян находилась на уровне 1,53–1,57 т/га, что на 11,7–14,6 % больше, чем на контроле.

На фоне N30P40 по эффективности биопрепаратов образовывался следующий убывающий ряд: Мизорин 7 > Мизорин 204 > 2П-7. Здесь прибавки урожайности семян подсолнечника составили 0,31; 0,24 и 0,06 т/га соответственно. Прибавку относительно раздельного применения обеспечило только сочетание минеральных удобрений и Мизорина 7.

Заключение. В среднем за три года запас продуктивной влаги в метровом профиле чернозема перед посевом подсолнечника оценивался как удовлетворительный (121,3 мм) с колебаниями по годам от неудовлетворительного в 2019 г. (98,6 мм) до хорошего в 2018 г. (141,8 мм). Осадки второй половины мая и начала июня обеспечивали увеличение содержания продуктивной влаги в почве к фазе 3–4 пары листьев на 37,2 %, в дальнейшем в течение вегетации влагообеспеченность чернозема снижалась вплоть до уборки.

В среднем за три года внесение до посева азотно-фосфорного удобрения весной давало в 1,5–2,0 раза большую прибавку, чем осенью. Полное минеральное удобрение дозой N60P40K40 целесообразнее применять осенью – урожайность возрастает до уровня лучшего варианта весеннего внесения N60P40 – 1,68 т/га, что на 0,31 т/га больше контроля. Биопрепараты при самостоятельном применении проявили сопоставимую эффективность – прибавка урожайности к контролю составила 0,16–0,20 т/га, или 11,7–14,6 %. Сочетание весеннего применения N30P40 и внесением Мизорина 7 в ризосферу позволили достичь максимума в опыте – прибавка урожайности составила 0,31 т/га, или 22,6 % в относительном исчислении.

При возделывании гибрида подсолнечника LG 5485 на черноземе обыкновенном Ростовской области применение весной под предпосевную культивацию N30-60P40 самостоятельно либо N30P40 в сочетании с припосевным внесением в ризосферу растений биопрепарата Мизорин 7 позволяет увеличить урожайность посева до 0,31 т/га (22,6 %).

Для снижения напряженности весенних полевых работ возможно применение N60P40K40 или N60P80 осенью под вспашку. Такой прием обеспечивает повышение урожайности на 0,30 т/га (21,9 %) и 0,29 т/га (21,2 %) соответственно.

Построение системы удобрения подсолнечника для получения продукции органического происхождения путем замены минеральных удобрений применением только биопрепаратов Мизорин 7, Мизорин 204 и 2П-7 повышало урожайность на 0,16–0,20 т/га (11,7–14,6 %). Лучшим по влиянию на урожайность подсолнечника был биопрепарат 2П-7.

Список литературы

1. Турусов В. И., Новичихин А. М., Богатых О. А., Бочарникова Е. Г. Биологические приемы повышения плодородия почвы и увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 10. С. 27–31.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985. 416 с.
3. Иванов А. Л., Завалин А. А. Приоритеты научного обеспечения земледелия // Агрехимия. 2011. № 3. С. 17–23.
4. Никитин С. Н. Влияние средств химизации и биологизации на баланс основных элементов питания в севообороте // Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013–2020 гг.: материалы Всерос. координационного совещания научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями; под ред. акад. РАН В.Г. Сычева, 2018. С. 174–198.
5. Новичихин А. М., Бочарникова Е. Г. Рациональная и экономически целесообразная система применения удобрений и агрохимикатов под сельскохозяйственные // Докучаевское наследие и развитие научного земледелия в России: сб. науч. докл. Всерос. научно-практ. конф. посвящ. 125-летию организации «Особой экспедиции лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях южной России». Каменная Степь, 2017. С. 70–76.
6. Патент на изобретение RU 2454060 C1 27.06.2012. Способ внесения бактериальных удобрений в ризосферу растений, высеваемых пневматическими сеялками на черноземах : заявка № 2010147197/13 от 18.11.2010 / Е.В. Агафонов, В.С. Барыкин, А. Я. Чернов, С. А. Гужвин.
7. Низамов Р. М., Сулейманов С. Р., Сафиоллин Ф. Н., Хисматуллин М.М. Современные биопрепараты и стимуляторы роста в технологии возделывания подсолнечника на маслосемена // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. №1(48). С. 38–40.
8. Тихонович И. А. Биопрепараты в сельском хозяйстве. М., 2005. 153 с.
9. Тихонович И. А., Завалин А. А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации в РФ // Плодородие. 2016. № 5. С.28–32.
10. Турусов В. И. Состояние черноземных почв ЦЧЗ и пути повышения их плодородия // Состояние почв Центрального Черноземья России и проблемы воспроизводства их плодородия: сб. науч. докл. Всерос. научно-практ. конф. посв. международ. году почв. Каменная Степь, 2015. С. 14–23.



11. Умаров М. М., Кураков А. В., Степанов А. Л. Микробиологическая трансформация азота в почве. М., 2007. 138 с.
12. Юдин М. И. Планирование эксперимента и обработки результатов. Краснодар, 2004. 239 с.
13. Юдин Ф. А. Методика агрохимических исследований. М., 1980. 366 с.

References

1. Turusov V. I., Novichikhin A. M., Bogatykh O. A., Bocharnikova E. G. Biological methods of increasing soil fertility and increasing the productivity of agricultural crops. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2017; 31; 10: 27-31.
2. Dospekhov B. A. Field experiment technique. Moscow, 1985. 416 p. (In Russ.).
3. Ivanov A. L., Zavalin A.A. Priorities of scientific support of agriculture. *Agro-chemistry*. 2011; 3; 17–23. (In Russ.).
4. Nikitin S. N. Influence of means of chemicalization and biologization on the balance of basic nutrients in crop rotation. *Results of the implementation of the program of fundamental scientific research of state academies for 2013-2020*. 2018: 174–198. (In Russ.).
5. Novichikhin A. M., Bocharnikova E. G. Rational and economically viable system for the use of fertilizers and agrochemicals for agricultural purposes. *Dokuchaev heritage and the development of scientific agriculture in Russia*. Kamennaya Steppe, 2017: 70–76. (In Russ.).
6. Patent for invention RU 2454060 C1 27.06.2012. Method for applying bacterial fertilizers to the rhizosphere of plants sown with pneumatic seeders on chernozems: application No. 2010147197/13 dated 18.11.2010 / E.V. Agafonov, V.S. Barykin, A. Ya. Chernov, S.A. Guzhvin. (In Russ.).
7. Nizamov R. M., Suleimanov S. R., Safiollin F.N., Khismatullin M. M. Modern biological products and growth stimulants in the technology of sunflower cultivation on oilseeds. *Bulletin of Kazan State Agrarian University*. 2018; 13; 1 (48): 38–40. (In Russ.).
8. Tikhonovich I. A. Biologicals in agriculture. Moscow, 2005. 153 p. (In Russ.).
9. Tikhonovich I. A., Zavalin A.A. Prospects for the use of nitrogen-fixing and phytostimulating microorganisms to increase the efficiency of the agro-industrial complex and improve the agroecological situation in the Russian Federation. *Fertility*. 2016; 5: 28–32. (In Russ.).
10. Turusov V. I. The state of chernozem soils of the Central Black Earth and ways of increasing their fertility. *The state of soils of the Central Chernozem region of Russia and the problems of reproduction of their fertility*. Kamennaya Steppe, 2015: 14–23. (In Russ.).
11. Umarov M. M., Kurakov A. V., Stepanov A. L. Microbiological transformation of nitrogen in soil. Moscow, 2007. 138 p. (In Russ.).
12. Yudin M. I. Planning the experiment and processing the results. Krasnodar, 2004. 239 p. (In Russ.).
13. Yudin F. A. Agrochemical research technique. Moscow, 1980. 366 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 15.11.2021; одобрена после рецензирования 25.11.2021; принята к публикации 18.12.2021.

The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 25.11.2021; accepted for publication 18.12.2021.

