



Научная статья  
 УДК 631.8:631.453:631.445.4  
 doi: 10.55186/25876740\_2022\_65\_1\_57

## ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ И АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НА УДОБРЕНИЕ

Г.М. Брескина, Н.А. Чуюн

Курский федеральный аграрный научный центр,  
 Курск, Россия

**Аннотация.** В статье представлены результаты по изучению влияния микробиологических препаратов, азотных удобрений по отдельности и в комплексе на фоне внесения растительных остатков на фитотоксичный эффект почвы. Работу выполняли в 2018-2021 гг. в Курской области на черноземе типичном слабоэродированном тяжелосуглинистом в зернопропашном севообороте «подсолнечник — ячмень — соя — гречиха». Варианты опыта: 1. Измельченные растительные остатки; 2. Измельченные растительные остатки + азотные удобрения; 3. Измельченные растительные остатки + биопрепараты; 4. Измельченные растительные остатки + биопрепараты + азотные удобрения. Биопрепараты применяли по следующей схеме: обработка семян Грибофит — 2 л/т, Имуназот — 3 л/т + обработка растительных остатков перед заделкой, обработка почвы перед посевом, обработка посевов 2 раза в течение вегетации — соответственно по 5 и 3 л/га. Азотные удобрения вносили из расчета 10 кг д.в. N на 1 т побочной продукции культур. Токсичность почвы определяли по энергии прорастания семян редиса посевного (*Raphanus sativus* L.) и развитию корня проростка. Для определения токсичности были отобраны почвенные образцы из слоев 0-10 и 10-20 см 3 раза за вегетационный период (1. перед посевом культур; 2. после уборки культуры; 3. после внесения побочной продукции на удобрение с экспозицией от 35 до 90 дней). Применение только растительных остатков на удобрение в зернопропашном севообороте в течение 4 лет приводило к появлению устойчивой средней токсичности (III класс). На участке с внесением азотных удобрений фитотоксичный показатель в норме. Использование биопрепаратов как отдельно, так и в комплексе с азотными удобрениями способствовало не только снижению токсичности почвы от применения растительных остатков, но и проявлению стимулирующего эффекта на развитие тест-культуры. Фитотоксичность не зависела от слоя почвы.

**Ключевые слова:** фитотоксичность, растительные остатки, биопрепараты, энергия прорастания, проросток, длина корня, индекс токсичности

Original article

## THE EFFECT OF BIOLOGICAL PREPARATIONS AND NITROGEN FERTILIZERS ON THE PHYTOTOXICITY OF TYPICAL CHERNOZEM SOIL WHEN APPLYING BY-PRODUCTS FOR FERTILIZER

G.M. Breskina, N.A. Chuyan

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

**Abstract.** The results of studying the effect of microbiological preparations, nitrogen fertilizers individually and in combination against the background of applied plant residues on the phytotoxic effect of the soil are presented in the paper. The work was carried out in 2018-2021 in Kursk region on a typical slightly eroded heavy loamy chernozem soil in a grain-row crop rotation “sunflower –barley — soybean — buckwheat”. Experiment variants: 1. Crushed plant residues; 2. Crushed plant residues + nitrogen fertilizers; 3. Crushed plant residues + biological preparations; 4. Crushed plant residues + biological preparations + nitrogen fertilizers. Biological preparations were used according to the following scheme: seed treatment with Gribophyte — 2 l/t, Imunazot — 3 l/t + treatment of plant residues before embedding, tillage before sowing, treatment of crops 2 times during the growing season respectively 5 and 3 l/ha. Nitrogen fertilizers were applied at the rate of 10 kg of active substance N per 1 ton of by-products of crops. The toxicity of the soil was determined by the germination energy of seeds of radishes (*Raphanus sativus* L.) and the development of the root of the seedling. To determine the toxicity, soil samples were taken from a layer of 0-10 and 10-20 cm three times during the growing season (1. before sowing crops; 2. after harvesting crops; 3. after applying by-products for fertilizer with an exposure of 35 to 90 days). The use of plant residues for fertilizer alone in the grain-row crop rotation for 4 years led to the appearance of a stable average toxicity of Class III. On the plot with the application of nitrogen fertilizers, the phytotoxic index is normal. The use of biological preparations both separately and in combination with nitrogen fertilizers contributed not only to reducing the toxicity of the soil from the use of plant residues, but also to the manifestation of a stimulating effect on the development of test crop. Phytotoxicity did not depend on the soil layer.

**Keywords:** phytotoxicity, plant residues, biological preparations, germination energy, seedling, root length, toxicity index

### Введение

В настоящее время, по заявлению FAO (продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), во всем мире ежегодно производится 2,5 млрд т соломы сельскохозяйственных культур, которую необходимо использовать на удобрение [1]. Пожнивно-кор-

невые остатки являются главным источником органического вещества почвы, при разложении которого происходит не только высвобождение питательных элементов, но и образование гумуса [2].

На территории России с 2020 г. вступил в действие Федеральный закон об органи-

ческом сельском хозяйстве № 280-РФ, являющийся основанием отказа от химических реагентов любого типа действия и широкого применения побочной продукции на удобрение с использованием биопрепаратов, как один из этапов развития системы биологизации земледелия [3-5].



Известен положительный эффект от внесения соломы на питательный режим, физическое состояние почв, процессы гумусообразования, численность и активность почвенных микроорганизмов [6-9], что обеспечивает и рост урожайности выращиваемых культур [10].

Однако отмечены отрицательные последствия использования растительных остатков, связанные с ухудшением питания растений азотом из-за иммобилизации его микроорганизмами, что приводит к уменьшению урожайности последующей культуры [11].

Кроме того, при разложении послеуборочных растительных остатков в почве образуются фитотоксические вещества различной химической природы [12], которые отрицательно влияют на прорастание семян, тормозят рост и развитие растений [13, 14].

Природные соединения фенола и их дегидраты, накапливаемые в почве, в конечном итоге разрушаются микроорганизмами тем быстрее, чем выше микробиологическая активность почвы [15], поэтому, помимо компенсирующих доз азотных удобрений, возможно применение биопрепаратов — деструкторов для снижения фитотоксического эффекта в условиях использования послеуборочных остатков на удобрение.

### Цель исследования

Цель данной работы — изучить влияние биопрепаратов и азотных удобрений на фитотоксичность почвы при применении растительных остатков на удобрение.

### Материал и методы исследования

Исследования проводили в 2018-2021 гг. на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ», расположенном в с. Панино Медвенского района Курской области, в зернопропашном севообороте (ЗПС) «подсолнечник масличный — ячмень — соя — гречиха». В качестве уравнительного посева (2017 г.) возделывалась озимая пшеница. После уборки культур всю побочную продукцию на всех вариантах применяли в качестве удобрения, а на варианте 2, 3 и 4 с дополнительными добавками. Технология возделывания изучаемых культур основывалась на общепринятой в регионе.

Схема опыта включала следующие варианты: **вариант 1.** Измельченные растительные остатки; **вариант 2.** Измельченные растительные остатки + азотные удобрения из расчета 10 кг д.в. N на 1 т побочной продукции культур; **вариант 3.** Обработка семян биопрепаратами (Грибофит 2 л/т + Имуназот 1,5 л/т) + обработка почвы перед посевами + обработка биопрепаратами посевов 2 раза в течение вегетационного периода (Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га); после уборки основной продукции обработка растительных остатков (Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га); **вариант 4.** Обработка семян биопрепаратами (Грибофит 2 л/т + Имуназот 1,5 л/т) + обработка почвы перед посевами + обработка биопрепаратами посевов 2 раза в течение вегетационного периода (Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га); после уборки основной продукции обработка растительных остатков (Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га) +

азотные удобрения из расчета 10 кг д.в. N на 1 т побочной продукции культур.

В качестве азотных удобрений вносили аммиачную селитру, в качестве биопрепаратов — Грибофит (водная суспензия, содержащая споры, мицелий гриба *Trichoderma* и продукты его жизнедеятельности) и Имуназот (водная суспензия, содержащая ризоферные бактерии *Pseudomonas* и продукты ее жизнедеятельности).

Обработку семян биопрепаратами проводили за 1 день до посева ранцевым опрыскивателем, затем семена просушивали в затемненном помещении. Обработку почвы, посевов и измельченных растительных остатков перед заделкой проводили опрыскивателем ОП-2000/24. Внесение аммиачной селитры осуществляли навесным разбрасывателем РН-0,8. Измельченные растительные остатки заделывали в почву дисковой бороной на глубину 10-12 см. Через 40-90 дней после этого проводили основную отвальную обработку почвы.

Опыт заложен в соответствии с общепринятыми методиками [16] в 3-кратной повторности. Размещение вариантов систематичное. Общая площадь делянки составляла 600 м<sup>2</sup> (12×50), учетная — 480 м<sup>2</sup>.

На экспериментальных участках из слоев 0-10 и 10-20 см отбирали почвенные образцы 3 раза за вегетационный период (1 срок — перед посевом сельскохозяйственных культур; 2 срок — после уборки сельскохозяйственных культур; 3 срок — после внесения побочной продукции на удобрение с выдержкой 30-90 дней) в 5-кратной повторности для определения фитотоксичности по международному стандарту ИСО 22030:2005 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая токсичность высших растений». Элюатное фитотестирование выявляет наличие растворимых токсикантов, которые могут поступать в сопредельные среды из образца, и дает возможность определить острую токсичность образца (за 3-7 дней). В качестве тест-культуры использовали семена редиса посевного (*Raphanus sativus* L.) сорта Зоря красный с белым кончиком. Семена редиса — это общепризнанный тест-объект для целей определения экзогенного воздействия абиотических факторов на растения [17]. Энергию прорастания семян определяли по ГОСТ 12038-84, Индекс токсичности (ИТФ) рассчитывали по МР 01.018-07. Полученные данные сопоставляли со шкалой токсичности, предложенной Кабиловым Р.Р. и др. (1997) [18].

Почва опытного поля — чернозем типичный слабоэродированный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке. При закладке эксперимента в пахотном слое почвы среднее содержание гумуса (по Тюрину) составляло 4,98±0,15%. Реакция почвенной среды нейтральная. Содержание обменного кальция составляло 22,0-23,3 мг-экв/100 г почвы, подвижных (по Чирикову) форм фосфора и калия — 8,8-12,0 и 9,7-11,2 мг/кг соответственно, общего азота (по Кьельдалю) — 0,22-0,23%, обменного аммония (по методу ЦИНАО (ГОСТ 26487-85) — 10,9-13,2 мг/кг, нитратного азота (по методу Гранвальд-Ляжу) — 4,8-5,1 мг/кг почвы.

### Результаты и обсуждение

Наиболее критичный период жизни растений — это начальный этап онтогенеза, а именно процесс прорастания семян растений. Этот период и обеспечивает выживаемость растений в процессе вегетации, что однозначно называется на конечном результате как в количественном, так и в качественном выражении [19]. Энергия прорастания тест-культуры зависела от качества пожнивных остатков и компонентов, применяемых для ускорения их разложения (азотные удобрения, биопрепараты Грибофит и Имуназот). Так, на варианте 1, где применялись только пожнивные остатки на удобрение, к периоду уборки подсолнечника наблюдается значимое снижение энергии прорастания семян тест-культуры в исследуемых слоях почвы на 22% (НСР<sub>05</sub>=4,61%) по сравнению с абсолютным контролем. Индекс токсичности оцениваемого фактора (ИТФ) показал, что на данном варианте наблюдалась низкая токсичность (табл. 1).

Дальнейшее применение в севообороте пожнивных остатков подсолнечника, ячменя ярового привело к усилению фитотоксичности. После использования растительных остатков сои на удобрение и экспозиции их до 13 октября происходило снижение токсичного эффекта в слое 0-10 см до IV класса с низким токсичным эффектом (ИТФ=0,84), а в слое почвы 10-20 см индекс токсичности находился в норме и принял значение 0,97, что согласуется с результатами, полученными в Китае [20]. Данный результат по снижению токсичного эффекта связан с биологическими особенностями возделываемой культуры. Как известно [21], соя оставляет после себя почву, обогащенную азотом, который усиливает минерализацию не только растительных остатков, но и распад токсичных веществ. К периоду уборки гречихи индекс токсичности, рассчитанный по данной энергии прорастания семян тест-культуры, показал фитотоксичный эффект, который сохранился и после использования пожнивных остатков гречихи на удобрение.

Было установлено, что применение биопрепаратов (Грибофит и Имуназот) как отдельно, так и совместно с азотными удобрениями при использовании пожнивных остатков на удобрение не вызывало отрицательного влияния на энергию прорастания семян тест-культуры в зернопропашном севообороте. Наибольший положительный эффект на энергию прорастания тест-культуры выявлен на варианте применения биопрепаратов. Так, применение Грибофита и Имуназота в посевах подсолнечника позволило увеличить энергию прорастания тест-культуры с 85 до 94% в верхнем слое почвы (табл. 1).

Индекс токсичности, рассчитанный по биопрепаратам, соответствовал норме. Однако дальнейшее применение биопрепаратов в посевах сои и гречихи повысило энергию прорастания тест-культуры по сравнению с контрольным вариантом более чем на 20%, что проявилось в стимулирующем эффекте.

Индекс токсичности оцениваемого фактора в посевах сои варьировал в верхнем слое почвы от 0,92 до 1,12, а в нижнем — от 1,06 до 1,09, в посевах гречихи — от 0,91 до 1,27 и от 0,93 до 1,12 соответственно. Как известно [18]



значения ИТФ>1,10 характеризуются как стимуляция (VI класс токсичности).

Следовательно, применение биопрепаратов Грибофит и Имуназот в зернопропашном севообороте позволяет снять фитотоксичный эффект от применения растительных остатков на удобрение и обеспечивает накопительный эффект и появление стимулирующего эффекта на третий год применения

биопрепаратов. Совместное применение биопрепаратов и азотных удобрений с пожнивными остатками позволило поддерживать уровень фитотоксичности почвы в норме.

Один из самых важных периодов в жизни любого растения — первые 15 суток после посева культуры. Рост и развитие корневой системы служит хорошим индикатором не только состояния растений, но и отражает воздействие

стрессовых факторов на все функции и процессы растительного организма [22]. Анализируя влияние различных растительных остатков, используемых на удобрение с азотными удобрениями и биопрепаратами, на длину корня проростка тест-культуры, можно сказать, что перед посевом культур наблюдался низкий токсический эффект, который в течение вегетационного периода уменьшался, а на варианте с биопрепаратами наблюдалась стимуляция — ИТФ>1,10 (табл. 2).

На участке с необработанными пожнивными остатками (вариант 1) к периоду уборки подсолнечника наблюдалось угнетение роста корня тест-культуры по сравнению с контролем, что привело к увеличению токсичного эффекта до III класса при ИТФ=0,67 в верхнем изучаемом слое и ИТФ=0,75 в нижнем слое почвы. Также исследованиями Верзилина В.В. с соавторами [13] доказано, что сами сельскохозяйственные культуры, различные по биологии и технологии возделывания, по-разному влияют на процессы формирования фитотоксичных свойств почвы. Наиболее выраженное отрицательное влияние оказывает ячмень, затем озимая пшеница, после — сахарная свекла и в меньшей степени эспарцет. Следовательно, можно предположить, что и подсолнечник обладает способностью увеличивать фитотоксичность почвы в период вегетации культуры.

На данном варианте опыта средняя токсичность почвы, рассчитанная по длине корня проростка, сохранялась при возделывании ячменя и применении его растительных остатков на удобрение. Снижение общей токсичности проявилось при возделывании сои. Так, к периоду уборки культуры (10 августа) развитие корня проростка тест-культуры составляло 13,6 мм в слое почвы 0-20 см, при контрольном значении 15,7 мм. Индекс токсичности оцениваемого фактора составлял 0,87 и характеризовался как низко токсичный (IV класс). Данный уровень токсичности на варианте 1 (без инокуляции растительных остатков) наблюдался до конца севооборота (табл. 2).

Применение пожнивных остатков с азотными удобрениями (вариант 2) позволило развиваться проростку корня тест-культуры без угнетающего эффекта. Значения рассчитанного индекса токсичности оцениваемого фактора, как правило, изменялись от 0,91 до 1,10 и оценивались как норма (V класс).

Использование биопрепаратов Грибофит и Имуназот с азотными удобрениями позволило снизить фитотоксический эффект от применения пожнивных растительных остатков на удобрение под всеми изучаемыми культурами зернопропашного севооборота. Так, наблюдалось положительное влияние изучаемых факторов на рост корня проростка тест-культуры. Обработка биопрепаратами растительных остатков подсолнечника, ячменя и сои (вариант 3) позволило увеличить длину корня тестовой культуры в среднем, соответственно, на 23, 15 и 17% по сравнению с контролем в пахотном слое почвы, при этом значения ИТФ>1,10, что оценивается как стимуляция (VI класс). При возделывании гречихи биопрепараты поддерживали уровень фитотоксичности почвы в норме, значения длины корня

Таблица 1. Изменение энергии прорастания тест-культуры (*Raphanus sativus L.*) и индекса токсичности оцениваемого фактора (ИТФ) в опыте с биопрепаратами

Table 1. Changes in the germination energy of the test culture (*Raphanus sativus L.*) and the toxicity index of the assessed factor (ITF) in the experiment with biopreparations

Вариант опыта		Глубина, см	Энергия прорастания, %			ИТФ		
			Срок отбора					
			15.05.18	15.08.18	1.10.18	15.05.18	15.08.18	1.10.18
Подсолнечник	Контроль	-	95	93	97	-	-	-
	Вариант 1	0-10	88	71	79	0,93	0,76	0,81
		10-20	89	70	71	0,94	0,76	0,73
	Вариант 2 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы)	0-10	85	91	94	0,89	0,98	0,97
		10-20	88	90	88	0,93	0,97	0,91
	Вариант 3 (биопрепараты)	0-10	89	95	98	0,94	1,02	1,01
		10-20	87	93	95	0,92	1,0	0,98
Вариант 4 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы + биопрепараты)	0-10	88	89	93	0,93	0,96	0,96	
	10-20	89	91	91	0,94	0,98	0,94	
НСР <sub>05</sub>			4,31	4,61	4,05	-	-	-
			<b>22.04.19</b>	<b>26.08.19</b>	<b>15.10.19</b>	<b>22.04.19</b>	<b>26.08.19</b>	<b>15.10.19</b>
Ячмень яровой	Контроль	-	97	92	99	-	-	-
	Вариант 1	0-10	67	75	71	0,69	0,82	0,72
		10-20	74	82	76	0,76	0,89	0,77
	Вариант 2 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы)	0-10	88	90	91	0,91	0,98	0,92
		10-20	89	88	89	0,92	0,96	0,90
	Вариант 3 (биопрепараты)	0-10	93	95	95	0,96	1,03	0,96
		10-20	95	93	93	0,98	1,01	0,94
Вариант 4 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы + биопрепараты)	0-10	84	83	92	0,87	0,9	0,93	
	10-20	88	87	95	0,91	0,95	0,96	
НСР <sub>05</sub>			4,46	5,15	4,98	-	-	-
			<b>21.04.20</b>	<b>10.08.20</b>	<b>13.11.20</b>	<b>21.04.20</b>	<b>10.08.20</b>	<b>13.11.20</b>
Соя	Контроль	-	82	88	77	-	-	-
	Вариант 1	0-10	65	66	65	0,79	0,79	0,84
		10-20	67	66	75	0,81	0,75	0,97
	Вариант 2 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы)	0-10	73	68	71	0,90	0,77	0,92
		10-20	68	72	71	0,83	0,82	0,92
	Вариант 3 (биопрепараты)	0-10	88	97	82	1,07	1,12	0,92
		10-20	89	95	86	1,09	1,08	1,06
Вариант 4 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы + биопрепараты)	0-10	77	90	92	0,94	1,02	1,19	
	10-20	82	88	90	1,0	1,0	1,17	
НСР <sub>05</sub>			5,03	7,53	6,94	-	-	-
			<b>8.04.21</b>	<b>3.09.21</b>	<b>15.10.21</b>	<b>8.04.21</b>	<b>3.09.21</b>	<b>15.10.21</b>
Гречиха	Контроль	-	70	73	67	-	-	-
	Вариант 1	0-10	58	63	57	0,83	0,86	0,85
		10-20	67	61	61	0,96	0,83	0,91
	Вариант 2 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы)	0-10	84	69	64	1,20	0,99	0,96
		10-20	68	78	56	0,97	1,07	0,84
	Вариант 3 (биопрепараты)	0-10	69	93	61	0,99	1,27	0,91
		10-20	69	82	62	0,99	1,12	0,93
Вариант 4 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы + биопрепараты)	0-10	66	73	51	0,94	1,00	0,76	
	10-20	64	72	55	0,91	0,98	0,82	
НСР <sub>05</sub>			7,95	6,65	4,18	-	-	-



тест-культуры и абсолютного контроля практически не различались.

Совместное применение азотных удобрений с биопрепаратами (вариант 4) оказалось наиболее эффективным в снижении токсичности почвы в посевах подсолнечника и гречихи независимо от слоя почвы. Снятие фитотоксического эффекта от использования растительных остатков на удобрение и выдержки их

более месяца позволило увеличить длину корня проростка в среднем на 30% (ИТФ=1,29) под подсолнечником и на 25% (ИТФ=1,23) под гречихой по сравнению с контролем (табл. 2).

Энергия прорастания и длина корня проростка теста под всеми культурами зернопропашного севооборота не зависела от глубины взятия образца. Полученные значения индекса и класса токсичности почвы в зависимости от

изучаемых факторов (биопрепаратов и азотных удобрений) также были идентичными по глубинам отбора почвенных образцов.

## Выводы

Применение растительных остатков на удобрение в зернопропашном севообороте на необработанном участке биопрепаратами приводило к появлению устойчивой средней токсичности (III класс).

Внесение азотных удобрений с растительными остатками позволило поддерживать показатель фитотоксичности в норме.

Использование биопрепаратов Грибофит и Имуназол в течение вегетационного периода способствовало не только снижению токсичности почвы от применения растительных остатков на удобрение, но и проявлению стимулирующего эффекта на рост и развитие тест-культуры.

Совместное внесение азотных удобрений с биопрепаратами позволило снизить токсичный эффект от применения пожнивных остатков на удобрение до нормы в посевах ячменя и сои, а при использовании растительных остатков подсолнечника и гречихи проявлялось стимулирующее действие микробиологических препаратов.

В зернопропашном севообороте токсичность почвы не зависела от глубины исследования почвы.

## Список источников

1. Когут Б.М. Органическое вещество черноземов // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2017. № 90. С. 39-55. doi: 10.19047/0136-1694-2017-90-39-55
2. <http://statistics.amis-outlook.org/data/index.html> (дата обращения: 04.06.2021).
3. Лукин С.В. Влияние биологизации земледелия на плодородие почв и продуктивность агроценозов (на примере Белгородской области) // Земледелие. 2021. № 1. С. 11-15. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10103
4. Лазарев В.И., Минченко Ж.Н., Русакова А.А. Агроэкологическое обоснование использования микробиологических препаратов в качестве деструкторов соломы озимой пшеницы в условиях черноземных почв Курской области // Агрехимия. 2021. № 2. С. 71-77. doi: 10.31857/S0002188121020083
5. Русакова И.В. Биопрепараты-деструкторы послеуборочных остатков: монография. Рига: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 101 с.
6. Русакова И.В. Роль послеуборочных остатков в круговороте биогенных элементов в агроценозах // В сборнике: Отходы, причины их образования и перспективы использования. Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции / сост. Л.С. Новопольцева; под ред. И.С. Белюченко. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. С. 523-527.
7. Дубовик Е.В., Масютенко Н.П. Влияние биопрепаратов на структурно-агрегатный состав чернозема типичного слабоэродированного // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 5 (377). С. 56-60. doi: 10.24411/2587-6740-2020-15094
8. Безлер Н.В., Черепухина И.В., Колесникова М.В., Жуйкова И.Ю. Процессы гумусообразования в черноземе выщелоченном после заделки соломы зерновых культур // Сахарная свекла. 2016. № 5. С. 8-11.
9. Zhang, P., Wei, T., Jia, Z., Han, Q., Ren, X., Li, Y. (2014). Effects of straw embedding on soil organic matter and soil water-stable aggregates content in semiarid regions of Northwest China. *PLoS ONE*, no. 9 (3), pp. 92839. doi: 10.1371/journal.pone.0092839

Таблица 2. Изменение длины корня тест-культуры (*Raphanus sativus L.*) и индекса токсичности оцениваемого фактора (ИТФ) в опыте с биопрепаратами  
Table 2. Changes in the length of the root of the test culture (*Raphanus sativus L.*) and the toxicity index of the assessed factor (ITF) in the experiment with biological products

Вариант опыта	Глубина, см	Длина корня проростка, мм			ИТФ			
		Срок отбора						
		15.05.18	15.08.18	1.10.18	15.05.18	15.08.18	1.10.18	
Подсолнечник	Контроль	-	14,2	16,9	13,3	-	-	-
	Вариант 1	0-10	11,0	11,3	11,0	0,77	0,67	0,83
		10-20	11,5	12,6	12,1	0,81	0,75	0,91
	Вариант 2 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы)	0-10	11,6	11,5	14,6	0,82	0,68	1,09
		10-20	11,4	11,8	14,2	0,80	0,70	1,07
	Вариант 3 (биопрепараты)	0-10	11,3	15,6	16,8	0,80	0,92	1,26
		10-20	11,5	14,7	16,1	0,81	0,87	1,21
	Вариант 4 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы + биопрепараты)	0-10	12,4	14,6	17,3	0,87	0,86	1,30
		10-20	11,4	14,2	17,0	0,80	0,84	1,28
		HCP <sub>05</sub>	0,53	0,37	0,58	-	-	-
		<b>22.04.19</b>	<b>26.08.19</b>	<b>15.10.19</b>	<b>22.04.19</b>	<b>26.08.19</b>	<b>15.10.19</b>	
Ячмень яровой	Контроль	-	15,5	16,4	16,3	-	-	-
	Вариант 1	0-10	9,8	10,6	10,0	0,63	0,65	0,61
		10-20	10,1	10,5	11,4	0,65	0,64	0,70
	Вариант 2 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы)	0-10	11,9	16,5	18,9	0,70	1,01	1,16
		10-20	12,3	15,9	17,6	0,79	0,97	1,08
	Вариант 3 (биопрепараты)	0-10	13,9	19,4	18,7	0,90	1,18	1,15
		10-20	13,7	18,2	18,9	0,88	1,11	1,16
	Вариант 4 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы + биопрепараты)	0-10	12,8	16,7	17,3	0,83	1,02	1,06
		10-20	12,7	17,3	17,0	0,82	1,05	1,04
		HCP <sub>05</sub>	0,41	0,70	0,81	-	-	-
		<b>21.04.20</b>	<b>10.08.20</b>	<b>13.11.20</b>	<b>21.04.20</b>	<b>10.08.20</b>	<b>13.11.20</b>	
Соя	Контроль	-	16,8	15,7	15,2	-	-	-
	Вариант 1	0-10	13,0	14,1	8,6	0,77	0,90	0,57
		10-20	12,5	13,0	10,7	0,74	0,83	0,72
	Вариант 2 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы)	0-10	15,6	17,9	16,2	0,93	1,14	1,07
		10-20	15,4	17,0	16,3	0,92	1,08	1,07
	Вариант 3 (биопрепараты)	0-10	14,0	16,2	18,9	0,89	1,03	1,24
		10-20	13,2	16,9	16,8	0,79	1,08	1,11
	Вариант 4 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы + биопрепараты)	0-10	15,0	16,2	16,0	0,89	1,03	1,05
		10-20	13,3	15,8	17,3	0,79	1,01	1,14
		HCP <sub>05</sub>	0,54	0,52	0,63	-	-	-
		<b>8.04.21</b>	<b>3.09.21</b>	<b>15.10.21</b>	<b>8.04.21</b>	<b>3.09.21</b>	<b>15.10.21</b>	
Гречиха	Контроль	-	12,8	27,5	17,3	-	-	-
	Вариант 1	0-10	9,8	32,9	11,5	0,83	0,86	0,66
		10-20	10,4	33,1	13,3	0,96	0,83	0,77
	Вариант 2 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы)	0-10	10,9	39,2	14,3	1,20	0,99	0,83
		10-20	12,3	35,1	14,0	0,97	1,07	0,81
	Вариант 3 (биопрепараты)	0-10	10,4	34,6	17,6	0,99	1,27	1,02
		10-20	10,8	39,5	17,8	0,99	1,12	1,03
	Вариант 4 (N <sub>10</sub> на 1 т соломы + биопрепараты)	0-10	12,2	40,8	21,6	0,94	1,00	1,25
		10-20	12,9	43,4	21,1	0,91	0,98	1,22
		HCP <sub>05</sub>	0,38	0,59	0,60	-	-	-





10. Дедов А.А., Дедов А.В., Несмеянова М.А. Динамика разложения растительных остатков в черноземе типичном и продуктивность культур севооборота // *Агрохимия*. 2016. № 6. С. 3-8.

11. Rusakova, I.V. (2020). Microbiological and ecophysiological parameters of sod podzolic soil upon long-term application of straw and mineral fertilizers, the correlation with the yield. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*, no. 55 (1), pp. 153-162. doi: 10.15389/agrobiology.2020.1.153rus

12. Kögel-Knabner, I. (2002). The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 34, issue 2, pp. 139-162.

13. Верзилин В.В., Гончаров А.В., Закабунина Е.Н., Верзилина Н.Д., Полякова Н.В. Экологическая роль полевых культур в формировании фитотоксических свойств почвы в комплексах биологизации // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 3. С. 93-98.

14. Bonanomi, G., Antignani, V., Barile, E., Lanzotti, V., Scala, F. (2011). Decomposition of Medicago sativa residues affects phytotoxicity, fungal growth and soil-borne pathogen diseases. *Journal of Plant Pathology*, no. 93 (1), pp. 57-69.

15. Crookston, R.K., Kurl, J.E. (1989). Corn residue effect on the yield of corn and soybean grown in rotation. *Agronomy Journal*, no. 81, pp. 229-232.

16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

17. Практикум по агрохимии: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. В.Г. Минеева. М.: МГУ, 2001. 689 с.

18. Кабилов Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // *Экология*. 1997. № 6. С. 408-411.

19. Зубарева К.Ю., Прудникова Е.Г. Влияние био-препаратов на начальные ростовые процессы семян сои // *Вестник аграрной науки*. 2020. № 5 (86). С. 33-38. doi: 10.17238/issn2587-666x.2020.5.33

20. Li, P., Zwang, D.D., Wang, X.J., Cui, Z.J. (2012). Survival land performance of two cellulose-degrading microbial systems inoculated into wheat straw-amended soil. *Microbiol. Biotechnol.*, no. 22, pp. 126-132.

21. Башкатов А.Я., Минченко Ж.Н., Солосенков П.А. Инновационные взгляды на современную технологию возделывания сои в Курской области: практическое руководство. Курск: Призма, 2019. 44 с.

22. Кульнев А.И., Соколова Е.А. Многоцелевые стимуляторы защитных реакций, роста и развития растений: (На примере препарата иммуноцитифит) / ЗАО «Агропромышленная компания «ГИНКГО»; ЗАО «Инженерно-маркетинговая фирма «Биотех-Сэприс». Пушино: ПНЦ РАН, 1997. 97 с.

## References

1. Kogut, B.M. (2017). Organicheskoe veshchestvo chernozemov [Organic matter of chernozems]. *Vyul'leten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva* [Docu-

chaev soil bulletin], no. 90, pp. 39-55. doi: 10.19047/0136-1694-2017-90-39-55

2. <http://statistics.amis-outlook.org/data/index.html> (accessed: 04.06.2021).

3. Lukin, S.V. (2021). Vliyaniye biologizatsii zemledeliya na plodorodie pochv i produktivnost' agrotsenozov (na primere Belgorodskoi oblasti) [Influence of biologization of agriculture on soil fertility and productivity of agrocenoses (on the example of Belgorod region)]. *Zemledelie*, no. 1, pp. 11-15. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10103

4. Lazarev, V.I., Minchenko, Zh.N., Rusakova, A.A. (2021). Agroekologicheskoe obosnovaniye ispol'zovaniya mikrobiologicheskikh preparatov v kachestve destruktirov solomy ozimoi pshenitsy v usloviyakh chernozemnykh pochv Kurskoi oblasti [Agroecological substantiation of the use of microbiological preparations as destructors of winter wheat straw under the conditions of chernozem soils of Kursk region]. *Agrokhimiya* [Agricultural chemistry], no. 2, pp. 71-77. doi: 10.31857/S0002188121020083

5. Rusakova, I.V. (2018). *Biopreparaty-destruktory posleuborochnykh ostatkov: monografiya* [Biological preparations as destructors of post-harvest residues: monograph]. Riga, LAP Lambert Academic Publishing, 101 p.

6. Rusakova, I.V. (2019). Rol' posleuborochnykh ostatkov v krugovorote biogenykh ehlementov v agrotsenozakh [The role of post-harvest residues in the cycle of biogenic elements in agrocenoses]. *V sbornike: Otkhody, prichiny ikh obrazovaniya i perspektivy ispol'zovaniya. Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoi nauchnoi ehkologicheskoi konferentsii* [In: Waste, causes of their formation and prospects for use. Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific ecological conference]. Krasnodar, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, pp. 523-527.

7. Dubovik, E.V., Masyutenko, N.P. (2020). Vliyaniye biopreparatov na strukturno-agregatnyi sostav chernozema tipichnogo slabohydroirovannogo [The influence of biological preparations on the structural and aggregate composition of typical slightly eroded chernozem]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 5 (377), pp. 56-60. doi: 10.24411/2587-6740-2020-15094

8. Bezler, N.V., Cherepukhina, I.V., Kolesnikova, M.V., Zhuikova, I.Yu. (2016). Protssessy gumusobrazovaniya v chernozeme vyshchelochennom posle zapashki solomy zernovykh kul'tur [Processes of humus formation in leached chernozem after embedding straw of grain crops]. *Sakharnaya svekla* [Sugar beet], no. 5, pp. 8-11.

9. Zhang, P., Wei, T., Jia, Z., Han, Q., Ren, X., Li, Y. (2014). Effects of straw embedding on soil organic matter and soil water-stable aggregates content in semiarid regions of Northwest China. *PLoS ONE*, no. 9 (3), pp. 92839. doi: 10.1371/journal.pone.0092839

10. Dedov, A.A., Dedov, A.V., Nesmeyanova, M.A. (2016). Dinamika razlozheniya rastitel'nykh ostatkov v chernozeme tipichnom i produktivnost' kul'tur sevooborota [Dynamics of decomposition of plant residues in typical chernozem and productivity of crop rotation crops]. *Agrokhimiya* [Agricultural chemistry], no. 6, pp. 3-8.

11. Rusakova, I.V. (2020). Microbiological and ecophysiological parameters of sod podzolic soil upon long-term application of straw and mineral fertilizers, the correlation with the yield. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*, no. 55 (1), pp. 153-162. doi: 10.15389/agrobiology.2020.1.153rus

12. Kögel-Knabner, I. (2002). The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 34, issue 2, pp. 139-162.

13. Verzilina, V.V., Goncharov, A.V., Zakabunina, E.N., Verzilina, N.D., Polyakova, N.V. (2019). Ehkologicheskaya rol' polevykh kul'tur v formirovaniі fitotoksicheskikh svoystv pochvy v kompleksakh biologizatsii [Ecological role of field crops in the formation of phytotoxic properties of soil in biologization complexes]. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy], no. 3, pp. 93-98.

14. Bonanomi, G., Antignani, V., Barile, E., Lanzotti, V., Scala, F. (2011). Decomposition of Medicago sativa residues affects phytotoxicity, fungal growth and soil-borne pathogen diseases. *Journal of Plant Pathology*, no. 93 (1), pp. 57-69.

15. Crookston, R.K., Kurl, J.E. (1989). Corn residue effect on the yield of corn and soybean grown in rotation. *Agronomy Journal*, no. 81, pp. 229-232.

16. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experiment (with the foundations of statistical processing of research results)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 351 p.

17. Mineev, V.G. (ed.) (2001). *Praktikum po agrokhimii: uchebnoye posobie* [Workshop on agrochemistry: textbook]. Moscow, Moscow State University, 689 p.

18. Kabirov, R.R., Sagitova, A.R., Sukhanova, N.V. (1997). Razrabotka i ispol'zovaniye mnogokomponentnoi test-sistemy dlya otsenki toksichnosti pochvennogo pokrova gorodskoi territorii [Development and use of a multicomponent test system for assessing the toxicity of urban soil cover]. *Ehkologiya* [Ecology], no. 6, pp. 408-411.

19. Zubarova, K.Yu. (2020). Prudnikova E.G. Vliyaniye biopreparatov na nachal'nye rostovye protsessy semyan soi. [The influence of biological preparations on the initial growth processes of soybean seeds]. *Vestnik agrarnoi nauki* [Bulletin of agrarian science], no. 5 (86), pp. 33-38. doi: 10.17238/issn2587-666x.2020.5.33

20. Li, P., Zwang, D.D., Wang, X.J., Cui, Z.J. (2012). Survival land performance of two cellulose-degrading microbial systems inoculated into wheat straw-amended soil. *Microbiol. Biotechnol.*, no. 22, pp. 126-132.

21. Bashkatov, A.Ya., Minchenko, Zh.N., Solosenkova, P.A. (2019). *Innovatsionnye vzglyady na sovremennuyu tekhnologiyu vozdelvaniya soi v Kurskoi oblasti: prakticheskoe rukovodstvo* [Innovative views on modern technology of soybean cultivation in Kursk region: practical guide]. Kursk, Prisma Publ., 44 p.

22. Kul'nev, A.I., Sokolova, E.A. (1997). *Mnogotsel'nyye stimulyatory zashchitnykh reatsii, rosta i razvitiya rastenii: (Na primere preparata immunotsitofit)* [Multipurpose stimulators of protective reactions, growth and development of plants: (On the example of the drug immunocytophyte)]. Pushchino, PNC RAS, 97 p.

## Информация об авторах:

**Брескина Галина Михайловна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агропочвоведения, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2381-312X>, breskina-galina@yandex.ru

**Чуян Наталья Анатольевна**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агропочвоведения, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4212-3143>, natalia-chuyan@yandex.ru

## Information about the authors:

**Galina M. Breskina**, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of agricultural soil science, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2381-312X>, breskina-galina@yandex.ru

**Natalia A. Chuyan**, doctor of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of agricultural soil science, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4212-3143>, natalia-chuyan@yandex.ru

