

## Выводы

Некорневая обработка растений льна-долгунца удобрением АмиСтим, ВР (д. в., г/л: не менее Zn – 14,5; Cu – 7,5; бор – 49; свободные аминокислоты – 27) в фазе «елочка» при норме расхода 0,1 л/га является эффективной в отношении повышения качества, биологических и хозяйственных параметров льна-долгунца.

В сравнении с эталоном повысились: выживаемость растений – на 0,4 %; урожайность семян – на 0,7 ц/га, общего волокна – на 1,3 ц/га, длинного – на 0,9 ц/га, качество волокна – на один номер. Чистый доход с гектара посева увеличился на 199,3 рублей, а рентабельность – на 22,8 %.

**Таблица 2 – Влияние удобрения АмиСтим, ВР на выживаемость и сохраняемость растений льна-долгунца (среднее, 2019–2020 гг.)**

Вариант	Выживаемость растений			Сохраняемость растений, %
	%	±		
		к контролю	к эталону	
Контроль (без удобрений)	78,7	–	–2,3	95,1
Гисинар Линум, ВР – эталон	81,0	2,3	–	98,4
АмиСтим, ВР	81,4	2,7	0,4	99,2
НСР <sub>05</sub>	0,5–0,9			

**Таблица 3 – Влияние обработки растений удобрением АмиСтим, ВР на урожайность семян льна-долгунца (среднее, 2019–2020 гг.)**

Вариант	Урожайность семян		
	ц/га	±	
		к контролю	к эталону
Контроль (без удобрений)	9,7	–	–0,9
Гисинар Линум, ВР – эталон	10,6	0,9	–
АмиСтим, ВР	11,3	1,6	0,7
НСР <sub>05</sub>	0,5–0,6		

**Таблица 4 – Влияние обработки растений удобрением АмиСтим, ВР на урожайность льноволокна (среднее, 2019–2020 гг.)**

Вариант	Урожайность волокна				Качество волокна, номер
	общего		длинного		
	ц/га	± к эталону	ц/га	± к эталону	
Контроль (без удобрений)	13,0	–1,3	8,3	–1,1	10
Гисинар Линум, ВР – эталон	14,3	–	9,4	–	11
АмиСтим, ВР	15,6	1,3	10,3	0,9	12
НСР <sub>05</sub>	0,7–1,1		0,5–0,6		

## Литература

1. Аминокислоты для растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agbz.ru/articles/aminokisloty-dlya-rasteniy>.
2. Современный подход к технологии возделывания зерновых [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agromir-xxi/stati-rastenievodstvo/sovremenniy-podhod-k-tehnologii-vozdelyvaniya-zernovyh.html>.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
4. Отраслевой регламент. Возделывание и уборка льна-долгунца. Типовые технологические процессы. – Минск: Институт льна, 2019. – 15 с.
5. СТБ 1195–2008 «Волокно льняное трепаное длинное. Технические условия». – Минск: Госстандарт, 2008. – 18 с.

УДК 628.3:631.95

## Оценка токсичности производственных отходов методом фитотестирования

А. С. Антонюк, научный сотрудник, Н. Ф. Терлецкая, кандидат биологических наук, А. Н. Гапонюк, научный сотрудник  
Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси

(Дата поступления статьи в редакцию 23.05.2022)

В статье представлены результаты фитотестирования производственных отходов, образующихся в результате деятельности КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод». Установлено, что исследуемые отходы не оказывают токсического влияния на рост овса, ячменя, пшеницы, кукурузы, люцерны, рапса и редьки масличной на ранних стадиях развития. Отмечено

The article presents the results of phytotesting of production waste generated as a result of the activities of UPUE «Brest Waste Processing Plant». It has been established that the studied wastes do not have a toxic effect on the growth of oats, barley, wheat, maize, alfalfa, rape and oilseed radish in the early stages of development. A significant stimulating effect of water extract from production waste on

*достоверное стимулирующее влияние водной вытяжки из производственных отходов на рост гипокотыля проростков рапса и редьки масличной.*

## Введение

В настоящее время одной из важных экологических проблем является рациональная утилизация осадков сточных вод (ОСВ), которые, накапливаясь на очистных сооружениях городов и промышленных объектов, создают потенциальную опасность для окружающей среды [1, 2]. Наряду с этим в ОСВ содержится значительное количество органического вещества, азота и зольных элементов, что обуславливает целесообразность их применения в качестве удобрений в сельском хозяйстве и как компонентов почвогрунтов при благоустройстве городских территорий и рекультивации нарушенных земель [3–5]. При таком направлении использования ОСВ обязательным является определение в них содержания тяжелых металлов, органических поллютантов и патогенной микрофлоры.

Интегральную оценку действия загрязняющих веществ может дать метод фитотестирования, позволяющий в лабораторных условиях выявить степень токсичности ОСВ [6]. Данный метод основан на чувствительности растений к воздействию неблагоприятных факторов, что отражается на ростовых и морфологических характеристиках [7]. Устойчивость к токсикантам зависит от этапа онтогенеза растений. Максимальная восприимчивость к влиянию данного фактора отмечается в период прорастания семян [6], и показателями тест-функции могут являться всхожесть, длина зародышевых корешков и ростков, биомасса проростков. Для определения фитотоксичности ОСВ применяются такие культуры, как овес, ячмень, пшеница, рапс, редька посевная, редис, кресс-салат и др.

Согласно литературным данным, в зависимости от состава ОСВ могут оказывать как ингибирующее, так и стимулирующее воздействие на тестируемые растения [7–14]. Фитотоксичность ОСВ проявляется в снижении всхожести семян, замедлении роста зародышевых корешков и ростков, уменьшении массы проростков относительно контрольных вариантов. Предложены различные приемы снижения степени токсичности осадков [7–10]. Так, свежие ОСВ, характеризующиеся как умеренно фитотоксичные, после года хранения утрачивают ингибирующие свойства, и семена, пророщенные на данном субстрате, не отличаются от контрольных по всхожести и длине корешков [7]. Смешивание ОСВ с почвой или песком, торфом, опилками в разных соотношениях также сопровождается ослаблением их токсических свойств [8–10].

В литературе имеются сведения о том, что водные вытяжки, полученные из механически обезвоженных свежих осадков, а также из ОСВ, хранящихся на иловых картах в течение трех месяцев после их поступления из аэротенков, оказывают стимулирующее действие на всхожесть семян и рост проростков озимой пшеницы [11] и ярового рапса [12]. Фитотестирование почвенных смесей, содержащих в своем составе ОСВ, показало их стимулирующее влияние на длину ростков овса [13], прорастание и развитие проростков кресс-салата [14].

Таким образом, фитотестирование позволяет быстро и эффективно оценивать токсичность ОСВ, компостов и почвенных смесей на их основе для дальнейшего их

*the growth of the hypocotyl of seedlings of rape and oilseed radish was noted.*

применения в сельском хозяйстве, городском зеленом строительстве, при рекультивации нарушенных земель.

Целью наших исследований являлась оценка токсичности производственных отходов КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» методом фитотестирования.

## Методика и объекты исследований

Объектом исследований являлись производственные отходы 8439900 «Прочие осадки очистки сточных вод на очистных сооружениях, не вошедшие в группу 3» (далее ОСВ), образующиеся в результате деятельности КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод».

Оценка фитотоксичности ОСВ осуществлялась с использованием инструкции по определению степени токсичности отходов производства, утвержденной заместителем Министра здравоохранения – главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь [15]. Метод основан на способности семян реагировать на экзогенное химическое воздействие путем изменения интенсивности прорастания корней, что позволяет их длину принять за показатель тест-функции. Критерием вредного действия считается ингибирование роста корней проростков семян.

Подготовку отходов к исследованиям проводили путем гомогенизации, а затем экстракции токсичных соединений при соотношении образца ОСВ и дистиллированной воды 1 г : 10 мл. Эксперимент проводили путем проращивания семян овса, ячменя, пшеницы, кукурузы, люцерны, рапса, редьки масличной в чашках Петри. В контрольном варианте использовалась дистиллированная вода.

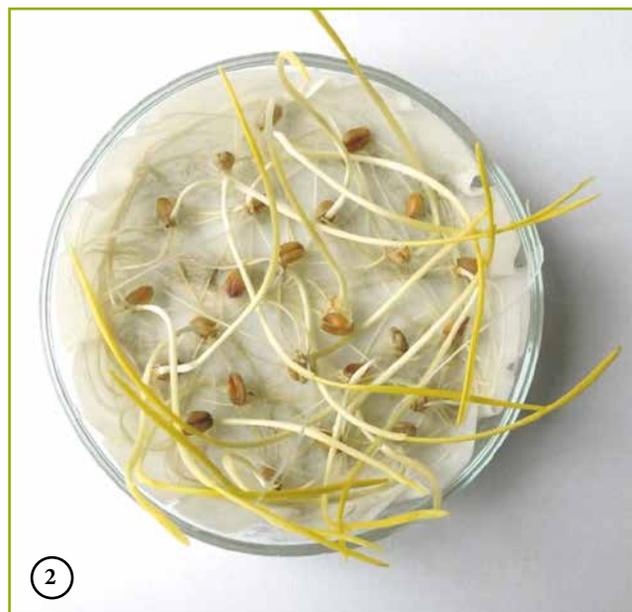
Согласно данному методу исследований, ОСВ оказывают фитотоксическое действие, если наблюдается ингибирование развития корешков проростков на 20 % и более относительно контроля [15].

В эксперименте фитотоксическое действие ОСВ на тест-культуры оценивали также с учетом массы и количества корешков, длины ростков, количества проростков в опытных и контрольных вариантах. Субстрат считается экологически чистым при разнице 10 % между количеством проростков в опыте и контроле. Снижение количества проростков в опытном варианте по сравнению с контрольным на 10–30 % показывает слабую фитотоксичность. Разница от 30 до 50 % указывает на среднюю степень фитотоксичности субстрата, выше 50 % – свидетельствует о высокой (недопустимой) степени фитотоксичности [9].

Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel.

## Результаты исследований и их обсуждение

Проведенные нами исследования показали, что водная вытяжка из ОСВ не оказывает существенного токсического воздействия на прорастание семян изучаемых тест-культур. Так, снижение количества проростков у всех растений в опытных вариантах составило менее 10 % относительно контрольных, что свидетельствует



1 – контрольный вариант с дистиллированной водой; 2 – опытный вариант с водной вытяжкой из ОСВ

**Рисунок 1 – Влияние ОСВ на прорастание семян пшеницы**

**Таблица 1 – Влияние ОСВ на прорастание семян тест-культур**

Показатель тест-функции	Наименование тест-культуры						
	овес	ячмень	пшеница	кукуруза	люцерна	рапс	редька масличная
Разница между количеством проростков в опыте и контроле, %	1,7	2,2	3,2	5,2	1,8	5,7	1,4

об отсутствии фитотоксического действия ОСВ, оцениваемого по данному показателю (таблица 1, рисунок 1).

Интенсивность начальных ростовых процессов у всех тест-культур в вариантах с ОСВ находилась на уровне контроля, что подтверждается полученными данными по длине корешков проростков, представленными в таблице 2. Разница между значениями тест-параметра у проростков в опыте и контроле находилась в пределах ошибки.

Оценивая количество корешков, сформировавшихся у проростков злаковых растений в опытных и контрольных вариантах, можно констатировать слабое ингибирующее влияние водной вытяжки из ОСВ на семена пшеницы (таблица 3).

Проращивание семян исследуемых злаковых и бобовых растений в водной вытяжке из ОСВ способствовало снижению на 2,7–10,4 % биомассы корешков проростков относительно контрольных вариантов. У крестоцветных растений наблюдался противоположный эффект – биомасса корешков увеличилась на 1,1 и 6,8 % по сравнению с контролем (рисунок 2).

Фитотестирование показало отсутствие токсического влияния ОСВ на изучаемые растения на ранних стадиях развития, поскольку эффект торможения роста корешков у исследуемых культур составил менее 20 %, в частности, у злаковых растений – 3,5–6,9 %, у бобовых – 7,8 % (рисунок 3). Отрицательные значения эффекта торможения свидетельствуют о стимулирующем влиянии ОСВ на проростки рапса и редьки масличной – представителей семейства крестоцветных.

В рамках эксперимента анализировалась также длина ростков изучаемых тест-культур (таблица 4). Согласно полученным данным, водорастворимые вещества вытяжки, содержащей органоминеральные компоненты

**Таблица 2 – Влияние водной вытяжки из ОСВ на длину корешков проростков**

Наименование тест-культуры	Средняя длина корешков*, мм	
	контроль	опыт
Овес	131,9 ±10,44	127,3 ±8,11
Ячмень	108,8 ±5,09	101,3 ±4,66
Пшеница	106,7 ±6,19	100,1 ±7,67
Кукуруза	89,2 ±8,73	85,0 ±8,27
Люцерна	16,6 ±1,85	15,3 ±1,56
Рапс	105,1 ±8,69	106,5 ±9,33
Редька масличная	82,7 ±8,32	92,2 ±8,88

Примечание – \*Показатель тест-функции.

**Таблица 3 – Влияние водной вытяжки из ОСВ на количество корешков у проростков**

Наименование тест-культуры	Среднее количество корешков*, шт./проросток	
	контроль	опыт
Овес	3,6 ±0,18	3,8 ±0,23
Ячмень	5,6 ±0,12	5,4 ±0,13
Пшеница	4,5 ±0,14	4,1 ±0,18

Примечание – \*Показатель тест-функции.

ОСВ, способствовали активизации роста гипокотилия у проростков рапса и редьки масличной, длина которого увеличилась соответственно на 64,4 и 38,0 % относительно контрольных вариантов.

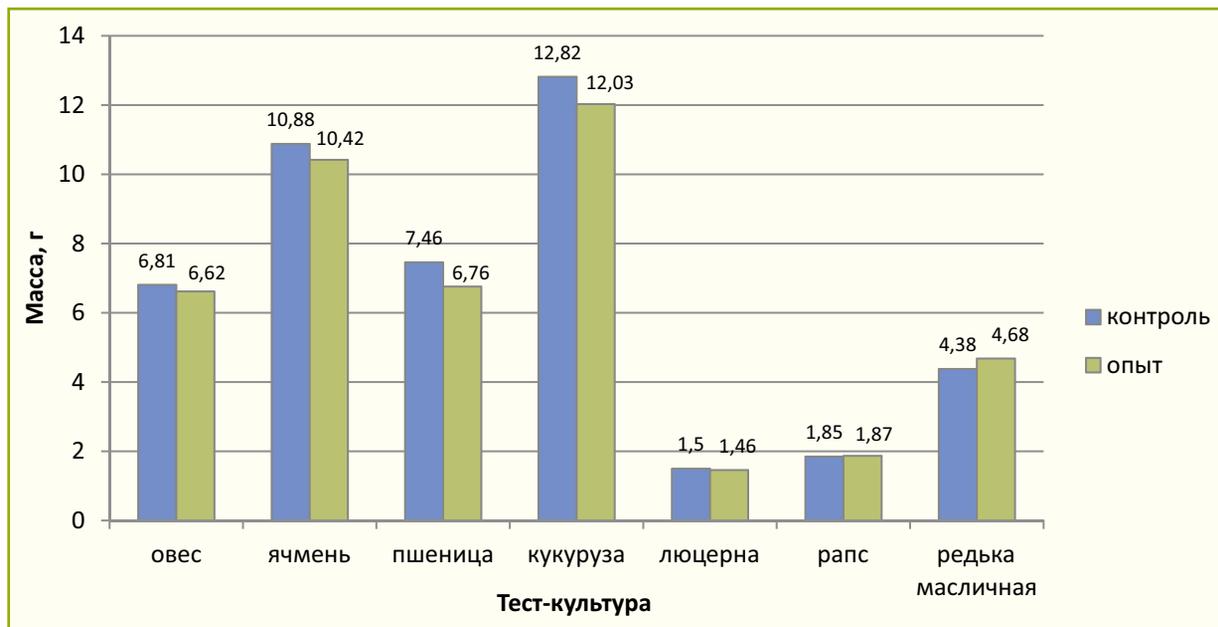


Рисунок 2 – Влияние водной вытяжки ОСВ на массу корешков 100 проростков

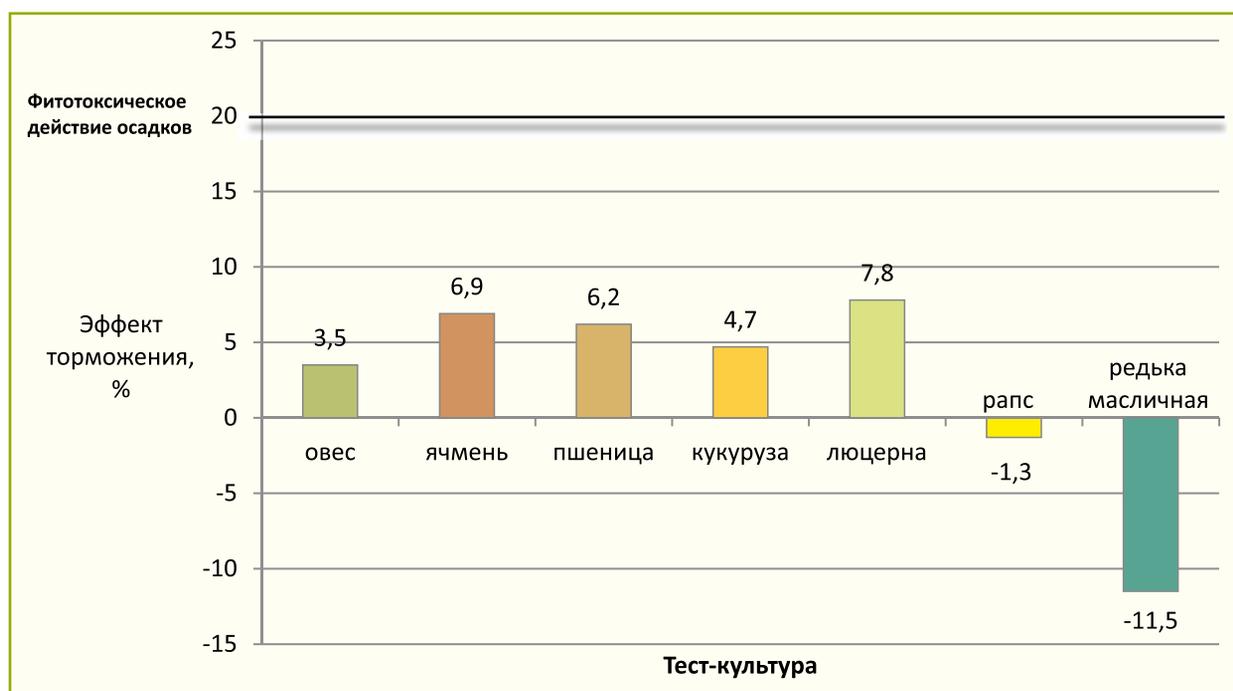


Рисунок 3 – Фитотоксичность ОСВ

Наблюдаемый эффект может быть связан с физиологической активностью ОСВ. Согласно литературным данным [16, 17], продукты жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в очистке и сбраживании ОСВ, обладают гормональной активностью и действуют как регуляторы процессов роста и развития растений.

### Заключение

По результатам фитотестирования установлено отсутствие токсического воздействия производственных отходов «Прочие осадки очистки сточных вод на очистных сооружениях, не вошедшие в группу 3», образующихся в результате деятельности КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод», на биометрические показатели овса, ячменя, пшеницы,

Таблица 4 – Влияние водной вытяжки из ОСВ на длину ростков тест-культур

Наименование тест-культуры	Средняя длина ростков*, мм	
	контроль	опыт
Овес	92,9 ±8,33	87,7 ±8,70
Ячмень	104,9 ±5,82	112,7 ±4,85
Пшеница	66,9 ±3,26	69,5 ±4,92
Кукуруза	33,3 ±3,72	38,3 ±3,95
Люцерна	39,4 ±4,09	42,8 ±3,30
Рапс	38,8 ±3,00	63,8 ±5,27
Редька масличная	39,7 ±3,32	54,8 ±5,52

Примечание – \*Показатель тест-функции.

кукурузы, люцерны, рапса и редьки масличной на ранних стадиях развития.

Использование водной вытяжки из производственных отходов при проращивании семян способствовало активизации роста гипокотыля у проростков рапса и редьки масличной.

Полученные данные по фитотестированию представляются важными с позиции выбора наиболее оптимального способа переработки изучаемых производственных отходов и дальнейшего экологически приемлемого их использования.

### Литература

1. Оценка последствий обогаченных компостов ОСВ на дерново-подзолистых супесчаных почвах Владимирской Мещеры / А. С. Рауэлиаривуни [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2013. – № 2. – С. 42–44.
2. Захаров, Н. Г. Эколого-биологическая оценка продукции растениеводства при использовании осадков сточных вод г. Димитровграда Ульяновской области / Н. Г. Захаров, Т. В. Поцинова // *Тр. Кубанского гос. аграр. ун-та*. – 2007. – № 4 (8). – С. 80–83.
3. Проблема утилизации осадков сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения сельскохозяйственных культур / А. Х. Куликова [и др.] // *Вестн. Ульяновской гос. с.-х. акад.* – 2007. – № 1 (4). – С. 8–18.
4. Васильева, В. А. Сравнительная эффективность доз применения осадков сточных вод при создании обыкновенных газонов / В. А. Васильева, Н. К. Сюняева, А. В. Филиппова // *Изв. Оренбургского гос. аграр. ун-та*. – 2014. – № 5 (49). – С. 157–158.
5. Берлякова, О. Г. Использование осадков сточных вод (ОСВ) в рекультивации нарушенных земель / О. Г. Берлякова, Н. Б. Ермак, Л. И. Линдина // *Вестн. Кемеровского гос. ун-та*. – 2010. – № 1 (41). – С. 33–37.
6. Проколова, Л. В. Функционирование агроценозов при использовании осадка сточных вод в качестве органического удобрения / Л. В. Проколова, Ю. И. Житин // *Вестн. Воронежского гос. аграр. ун-та*. – 2013. – № 1 (36). – С. 35–39.
7. Малюхин, Д. М. Оценка экотоксичности новых органических субстратов, используемых при рекультивации полигона ТБО / Д. М. Малюхин, В. И. Бардина, Л. Г. Бакина // *Изв. Спб. лесотехнической акад.* – 2014. – № 206. – С. 55–64.
8. Фитоиндикация содержания подвижных форм соединений тяжелых металлов в осадках промышленно-бытовых сточных вод / Н. Н. Куликова [и др.] // *Агрохимия*. – 2004. – № 11. – С. 71–79.
9. Зайцева, О. В. Моделирование почвоподобных тел на основе осадка сточных вод и оценка их токсичности / О. В. Зайцева, С. М. Севастьянов, Д. В. Демин // *Молодежь в науке – 2017: сб. материалов Междунар. конф. молодых ученых (Минск, 30 октября – 02 ноября 2017 г.): в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]*. – Минск, 2018. – Ч. 1. Аграрные, биологические науки. – С. 164–173.
10. Гунина, Е. А. Агроэкологическая оценка осадков сточных вод очистных сооружений Южное Бутово г. Москвы для применения в агрикультуре: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04 / Е. А. Гунина. – М., 2017. – 28 с.
11. Касатиков, В. А. Влияние компостирования осадков сточных вод на их агроэкологические свойства / В. А. Касатиков, И. П. Шабардина // *Изв. Оренбургского гос. аграр. ун-та*. – 2008. – № 2. – С. 28–31.
12. Макарова, М. П. Агроэкологическая оценка воздействия осадка сточных вод на базовые компоненты агроэкосистем с яровым рапсом в условиях южной части Нечерноземной зоны: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / М. П. Макарова. – М., 2013. – 23 с.
13. Ананьева, Ю. С. Экологическая оценка воздействия осадков сточных вод на почву по фитотестированию / Ю. С. Ананьева, А. С. Давыдов // *Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та*. – 2009. – № 8 (58). – С. 38–40.
14. Сорока, Н. В. Оценка экологической безопасности использования отходов при рекультивации полигонов твердых коммунальных отходов / Н. В. Сорока, А. В. Синдирева, Д. А. Мельников // *Вестн. Омского ГАУ*. – 2018. – № 2 (30). – С. 53–62.
15. Инструкция по применению № 044–1215 «Метод экспериментального определения токсичности отходов производства»: утв. заместителем Министра здравоохранения – главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 07.04.2016 г. – Минск, 2015. – 51 с.
16. Роль субстратов и некорневых обработок в укоренении зеленых черенков крыжовника в пластиковых ячеек / О. Н. Аладина [и др.] // *Известия ТСХА*. – 2008. – Вып. 1. – С. 111–122.
17. Архангельский, В. Н. Осадки городских сточных вод – биостимуляторы и органо-минеральные удобрения декоративных культур / В. Н. Архангельский, С. А. Аладин, С. М. Бакулин // *Вода*. – 2012. – № 3. – С. 16–18.

УДК 631.82:633.853.494«324»

## Влияние листового удобрения Terra-sorb Комплекс на урожайность и качество маслосемян озимого рапса

В. И. Медведь, студентка, Ф. Ф. Седляр, кандидат с.-х. наук  
Гродненский государственный аграрный университет

(Дата поступления статьи в редакцию 10.06.2022)

Изучено влияние листового удобрения Terra-sorb Комплекс на элементы структуры урожая озимого рапса. Листовое удобрение Terra-sorb Комплекс при внесении в дозе 0,4–0,6 л/га в фазе начала бутонизации и в дозе 0,4–0,6 л/га в фазе полной бутонизации увеличивало по сравнению с контрольным вариантом количество стручков на 1 растении на 7–24 шт., массу 1000 семян – на 0,06–0,32 г, массу семян с 1 растения – на 1,01–3,29 г, биологическую урожайность маслосемян – на 0,44–0,67 т/га. В среднем за три года исследований максимальная урожайность маслосемян озимого рапса – 4,32 т/га получена в третьем варианте, прибавка к контролю составила 0,52 т/га или 13,7 %. Наибольшую

Studied influence of leaf fertilizer Terra-sorb Complex on elements of structure of a crop winter rape. Leaf fertilizer Terra-sorb Complex at entering into a doze of 0,4–0,6 l/hectares in a phase the beginning budding and in a doze of 0,4–0,6 l/hectares in a phase full budding increased in comparison with a control variant quantity of pods on 1 plant on 7–24 pieces, weight of 1000 seeds – on 0,06–0,32 g, weight of seeds from 1 plant – on 1,01–3,29 g, biological productivity oilseeds – by 0,44–0,67 t/hectares. On the average the maximal productivity oilseeds winter rape 4,32 t/hectares is received for three years of researches in the third variant, the increase to the control has made 0,52 t/hectares or 13,7 %. The greatest increase on gathering a crude protein (0,1 t/hec-