

НЕКОТОРЫЕ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ТЕХНИЧЕСКИХ КУЛЬТУР, ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОДИЗЕЛЯ

О.М. ШЕВЧУК¹, И.В. АГУРОВА²

¹ФГБУ «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», Ялта (oksana_shevchuk1970@mail.ru)

²ГУ «Донецкий ботанический сад», Донецк

SOME ALLELOPATIC PROPERTIES OF TECHNICAL CROPS,
LOOKING FOR BIODIESEL PRODUCTION

O.M. SHEVCHUK¹, I.V. AGUROVA²

¹FSBSI «Order of the Red Banner of Labour Nikitsky Botanical Gardens – National Research Centre of the RAS», Yalta (oksana_shevchuk1970@mail.ru)

²PI «Donetsk Botanical Garden», Donetsk

Резюме. В работе приведены результаты изучения аллелопатических свойств *Brassica napus* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Carthamus tinctorius* L. и *Oenothera biennis* L., используемых и перспективных для получения биодизеля. Высокой аллелопатической активностью отличаются *Silybum marianum* и *Oenothera biennis*. Установлено, что *Triticum aestivum* L., *Elytrigia elongata* (Host) Nevski, *Medicago sativa* L. и *Trifolium pratense* L. устойчивы к действию аллелопатических веществ исследуемых культур.

Ключевые слова: аллелопатия, *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Carthamus tinctorius* L., *Oenothera biennis* L., почвоотомление, биодизель.

Abstract. The work presents results of the study of the allelopathic properties of *Brassica napus* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Carthamus tinctorius* L. and *Oenothera biennis* L., used and promising for biodiesel production. High allelopathic activity is shown by *Silybum marianum* and *Oenothera biennis*. It has been established that *Triticum aestivum* L., *Elytrigia elongata* (Host) Nevski, *Medicago sativa* L. and *Trifolium pratense* L. are resistant to the action of allelopathic substances of the studied crops.

Key words: allelopathy, *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Carthamus tinctorius* L., *Oenothera biennis* L., soil fatigue, biodiesel.

Аллелопатически активными, выделяющими в процессе роста и развития через корневую систему в почву биологические ингибиторы, способные существенно подавлять рост и развитие последующих в севообороте культур, являются многие культурные, в том числе и масляничные растения [Балеев и др., 2011]. Маслячные культуры в последние десятилетия являются перспективными при производстве одного из видов биотоплива – биоэтанола [Гелетуха и др., 2005].

Основной маслячной культурой, которая по объемам производства и потребления масла занимает пятое место в мире после сои, хлопчатника, арахиса и подсолнечника, является *Brassica napus* L. Преимущество перед другими сельскохозяйственными культурами заключается в высоком коэффициенте размножения, большом продуктивном потенциале, коротком вегетационном периоде, использовании продукции в разных направлениях: на зелёный корм, силос, для производства масла и высокобелкового жмыха [Зудилин, 2006; Сатубалдин, 2006]. Исследованиями ряда авторов доказано, что выращивание *B. napus* снижает запасы семян сорняков в почве и препятствует развитию корневой гнили злаковых культур [Зудилин, 2006]. Данная культура перспективна как предшественник для пшеницы и ячменя [Нечипоренко, 1984]. *Brassica napus* характеризуется высокой энергетической ценностью (79,4 Гкал з 1 га) и является перспективной культурой для получения биодизеля в мировой практике.

В Донецком ботаническом саду с целью выявления культур для получения биотоплива в условиях степной зоны создана коллекция технических культур, насчитывающая

149 образцов 73 видов и 28 сортов из 47 родов и 15 семейств [Zhavoronkova et al., 2011; Шевчук, 2014]. Многолетнее исследование особенностей развития, урожайности и масличности [Shevchuk, Voskoboynik, 2013; Глухов и др., 2014], а также энергетической ценности [Воскобойник, 2012] позволяют говорить о перспективности использования для получения биодизеля *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Carthamus tinctorius* L., *Oenothera biennis* L.

Silybum marianum – однолетник, культивируется как ценное лекарственное растение для использования в ветеринарии (семена) и кормопроизводстве (надземная часть). Характеризуется существенным содержанием в надземной массе и семенах биологически активных веществ (фенолы, органические кислоты, сапонины, алкалоиды, витамин С, эфирные масла и т.д.). Имеются данные по эффективности использования этой культуры как предшественника для выращивания *Sorghum sudanese* (Piper) Stapf и *Fagopyrum sagittatum* Gilib. [Расторопша ..., 2008]. Выявлена высокая аллелопатическая активность этой культуры в отношении *Agropyron pectinatum* M. Bieb. и *Medicago sativa* L. [Шевчук и др., 2011]. Установлена устойчивость *Trifolium pratense* L. к аллелопатическому влиянию *S. marianum*, что даёт основание для использования данного вида в севообороте [Шевчук, Агурова, 2011].

Carthamus tinctorius – однолетняя масличная культура, дающая высокие урожаи зелёной массы с отличными кормовыми качествами, с высокой урожайностью семян [Норов, 2006]. *Oenothera biennis* – двулетняя культура, предлагаемая к культивированию в Донецком регионе как кормовое, медоносное и энергетическое растение [Воскобойник, 2012]. Данных об аллелопатических свойствах этих культур нет.

Целью наших исследований было изучение аллелопатических свойств *Silybum marianum*, *Carthamus tinctorius* и *Oenothera biennis*, а также *Brassica napus* var. *oleifera* DC f. *biennis* (рапс озимый) и *B. napus* var. *oleifera* DC f. *annua* (рапс яровой) для определения последующих в севообороте видов сельскохозяйственных растений. Для достижения этой цели нами изучалась всхожесть семян 6 видов кормовых растений (*Triticum aestivum* L., *Elytrigia elongata* (Host) Nevski, *Festuca regeliana* Pavl., *Trifolium pratense* L., *Medicago sativa* L., *Onobrychis viciifolia* L.), в почве с посевов исследуемых масличных культур согласно запатентованного способа оценки аллелопатической активности предшественника в севообороте [Стаценко и др., 1999]. Семена кормовых растений замачивали на 20 минут в тёплой воде, в дальнейшем в 5-кратной повторности по 25 штук высаживали в вегетационную посуду, заполненную почвой, взятой в корневом слое (5–30 см) с местообитаний исследуемых культур. Почву брали в различные фазы развития растений: цветение и плодоношение. Проращивание семян проводили в теплице в течение 14 суток при $t=25-28^{\circ}\text{C}$. По окончании проращивания подсчитывали процент всхожести, который является косвенным доказательством степени аллелопатического влияния, определяющим целесообразность использования исследуемых культур в севообороте. Степень аллелопатического действия оценивали по следующей шкале: сильное действие (негативное влияние) – всхожесть семян составляет менее 50% от 100% лабораторной всхожести; среднее (нейтральное влияние) – от 50 до 75%; слабое (позитивное влияние) – 75% и выше.

Данный способ предусматривает использование семян растений с высокой лабораторной всхожестью (96–100%). Такой всхожестью характеризуются семена *Triticum aestivum*, *Festuca regeliana* и *Medicago sativa* (100, 100 и 97% соответственно). В случае использования семян с меньшей лабораторной всхожестью, степень аллелопатического влияния определялась путём вычитания процента невсхожих семян, то есть принятие исходной всхожести за 100% (в случае с *Onobrychis viciifolia* (всхожесть семян 75%), *Trifolium pratense* (42) и *Elytrigia elongata* (40%).

Чувствительными к действию аллелопатически активных веществ рапса озимого оказались *Onobrychis viciifolia*, *Festuca regeliana*, *Trifolium pratense*, *Medicago sativa*, причём сила влияния в фазу плодоношения растений рапса существенно выше (табл.). Эти же кормовые растения, кроме *Trifolium pratense*, оказались чувствительными к действию ко-

линов рапса ярового. *Carthamus tinctorius* отличается самой слабой среди изучаемых растений аллелопатической активностью: существенное снижение всхожести семян (на 60–70%) отмечено лишь для *Festuca regeliana*. *Silybum marianum* негативно влияет на *Onobrychis vicifolia* и *Festuca regeliana* (отмечено снижение всхожести семян этих кормовых культур на 80%), а *Oenothera biennis* – на *Elytrigia elongata*, *Trifolium pratense* (только в фазу цветения), *Onobrychis vicifolia* и *Festuca regeliana*. Эти виды целесообразно использовать в севообороте с данными видами культур.

Таким образом, проведённые исследования позволяют говорить о высокой аллелопатической активности *Silybum marianum* и *Oenothera biennis*. Установлено, что *Triticum aestivum* L., *Elytrigia elongata* (Host) Nevski, *Medicago sativa* L. и *Trifolium pratense* L. устойчивы к действию аллелопатических веществ исследуемых культур, а *Onobrychis vicifolia* и *Festuca regeliana* – нет.

Таблица

Аллелопатическое влияние технических культур, перспективных для получения биодизеля, на некоторые виды кормовых растений

Фаза развития	Вид	Всхожих семян, %	Степень аллелопатического действия / влияние
<i>Brassica napus</i> var. <i>oleifera</i> DC f. <i>biennis</i>			
Цветение	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	86	слабое / позитивное
	<i>Trifolium pratense</i> L.	57	среднее / нейтральное
	<i>Onobrychis vicifolia</i> L.	50	сильное / негативное
	<i>Medicago sativa</i> L.	52	среднее / нейтральное
	<i>Festuca regeliana</i> Pavl.	45	сильное / негативное
	<i>Triticum aestivum</i> L.	94	слабое / позитивное
Плодоношение	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	98	слабое / позитивное
	<i>Trifolium pratense</i> L.	31	сильное / негативное
	<i>Onobrychis vicifolia</i> L.	36	сильное / негативное
	<i>Medicago sativa</i> L.	49	сильное / негативное
	<i>Festuca regeliana</i> Pavl.	61	среднее / нейтральное
	<i>Triticum aestivum</i> L.	83	слабое / позитивное
<i>Brassica napus</i> var. <i>oleifera</i> DC. f. <i>annua</i>			
Цветение	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	98	слабое / позитивное
	<i>Trifolium pratense</i> L.	69	среднее / нейтральное
	<i>Onobrychis vicifolia</i> L.	39	сильное / негативное
	<i>Medicago sativa</i> L.	39	сильное / негативное
	<i>Festuca regeliana</i> Pavl.	39	сильное / негативное
	<i>Triticum aestivum</i> L.	53	среднее / нейтральное
Плодоношение	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	92	слабое / позитивное
	<i>Trifolium pratense</i> L.	69	среднее / нейтральное
	<i>Onobrychis vicifolia</i> L.	92	слабое / позитивное
	<i>Medicago sativa</i> L.	72	среднее / нейтральное
	<i>Festuca regeliana</i> Pavl.	20	сильное / негативное
	<i>Triticum aestivum</i> L.	84	слабое / позитивное
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.			
Цветение	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	86	слабое / позитивное
	<i>Trifolium pratense</i> L.	84	слабое / позитивное
	<i>Onobrychis vicifolia</i> L.	20	сильное / негативное
	<i>Medicago sativa</i> L.	62	среднее / нейтральное
	<i>Festuca regeliana</i> Pavl.	20	сильное / негативное
	<i>Triticum aestivum</i> (L.)	65	среднее / нейтральное
Плодоношение	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	98	слабое / позитивное
	<i>Trifolium pratense</i> L.	87	слабое / позитивное
	<i>Onobrychis vicifolia</i> L.	13	сильное / негативное
	<i>Medicago sativa</i> L.	56	среднее / нейтральное
	<i>Festuca regeliana</i> Pavl.	32	сильное / негативное
	<i>Triticum aestivum</i> L.	87	слабое / позитивное

Окончание таблицы

Фаза развития	Вид	Всхожих семян, %	Степень аллелопатического действия / влияние
<i>Carthamus tinctorius</i> L.			
Цветение	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	98	слабое / позитивное
	<i>Trifolium pratense</i> L.	99	слабое / позитивное
	<i>Onobrychis viciifolia</i> L.	98	слабое / позитивное
	<i>Medicago sativa</i> L.	84	слабое / позитивное
	<i>Festuca regeliana</i> Pavl.	23	сильное / негативное
	<i>Triticum aestivum</i> L.	80	слабое / позитивное
Плодоношение	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	98	слабое / позитивное
	<i>Trifolium pratense</i> L.	84	слабое / позитивное
	<i>Onobrychis viciifolia</i> L.	62	среднее / нейтральное
	<i>Medicago sativa</i> L.	83	слабое / позитивное
	<i>Festuca regeliana</i> Pavl.	43	сильное / негативное
	<i>Triticum aestivum</i> L.	77	слабое / позитивное
<i>Oenothera biennis</i> L.			
Цветение	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	30	сильное / негативное
	<i>Trifolium pratense</i> L.	27	сильное / негативное
	<i>Onobrychis viciifolia</i> L.	50	сильное / негативное
	<i>Medicago sativa</i> L.	53	среднее / нейтральное
	<i>Festuca regeliana</i> Pavl.	36	сильное / негативный
	<i>Triticum aestivum</i> (L.)	57	среднее / нейтральное
Плодоношение	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	98	слабое / позитивное
	<i>Trifolium pratense</i> L.	99	слабое / позитивное
	<i>Onobrychis viciifolia</i> L.	75	среднее / нейтральное
	<i>Medicago sativa</i> L.	72	среднее / нейтральное
	<i>Festuca regeliana</i> Pavl.	27	сильное / негативное
	<i>Triticum aestivum</i> L.	94	слабое / позитивное

ЛИТЕРАТУРА

- Балеев Д.Н., Иванова М.И., Бухаров А.Ф.** 2011. Изучение аллелопатической активности капусты, сельдерея и петрушки. *Агроэкология. Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 4(78): 25–28.
- Воскобойник Т.Ю.** 2012. Енергетична цінність *Silybum marianum* (Gaertn.) L., *Carthamus tinctorius* L. та *Oenothera biennis* L. при вирощуванні у степовій зоні України. *Промышленная ботаника*. 12: 184–187.
- Гелетуха Г.Г., Железная Т.А., Жовтопр Н.М., Матвеев Ю.Б.** 2005. Современное состояние и перспективы развития биоэнергетики в Украине. *Промышленная теплотехника*. 1(27): 78–85.
- Глухов О.З., Шевчук О.М., Воскобойник Т.Ю.** 2014. Перспективність використання *Silybum marianum* (L.) Gaertn. для виробництва біодизелю. *В кн.: Біологічні ресурси і новітні біотехнології виробництва біопалив. Матеріали Міжнародної наукової конференції* (Київ, 8–11 вересня 2014 р.). К.: 171–176.
- Зудилин С.Н.** 2006. Влияние рапса и сурепицы на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие обыкновенных чернозёмов в лесостепи Заволжья. Автореферат дис. на соискание учёной степени к.с.-х. наук. Кинель: 20 с.
- Расторопша пятнистая** – от интродукции к использованию. 2008. Полтава: Полтавський літератор: 288 с.
- Нечипоренко В.Н.** 1984. Интенсификация производства маслиничного рапса за рубежом. *Обзор МС Агроинформ*. М.: 64 с.
- Норов М.С.** 2006. Научное обоснование технологии выращивания сафлора на богаре Центрального Таджикистана. Автореферат дис. на соискание научной степени доктора с.-х. наук. Москва: 40 с.

- Сатубалдин К.К.** 2006. Технология воздействия рапса и сурепицы в условиях Среднего Урала. Автореферат дис. на соискание учёной степени д.с.-х. наук. Екатеринбург: 38 с.
- Стаценко А.П., Тимошкин О.А., Галиуллин А.А.** 1999. Способ оценки аллелопатической активности предшественника в севообороте. Патент 2131654 Ru, МПК А01С1/ 02. Патент на полезную модель №98105484/13; Опубл. 20.06.1999. Бюл. № 11.
- Шевчук О.М., Агурова І.В., Кохан Т.П.** 2011. Аллелопатична активність ґрунту в ризосфері *Echinacea purpurea* (L.) Moench і *Silybum marianum* (L.) Gaertn. *Інтродукція рослин*. 4: 67–71.
- Шевчук О.М., Агурова І.В.** 2011. Аллелопатичні властивості та ґрунтова післядія *Silybum marianum* (L.) Gaertn. *Промышленная ботаника*. 11: 70–75.
- Шевчук О.М.** 2014. Сохранение разнообразия и селекция полезных растений в Донецком ботаническом саду НАН Украины. В кн.: Сохранение биоразнообразия и интродукция растений. Материалы Международной научной конференции к 210-летию ботанического сада Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина (08–11 сентября 2014 г.). Харьков: 232–237.
- Zhavoronkova T.Y., Ostapko I.N., Shevchuk O.M.** 2011. Development of alternative energy in steppe zone of Ukraine. In: Renewable Wood and Plant Resources: Chemistry, Technology, Pharmacology, Medicine. International Conference (Saint-Petersburg, June 21–24, 2011). Saint-Petersburg: 93.
- Shevchuk O., Voskoboynik T.** 2013. Energy crops for biofuels under conditions of the steppe zone of Ukraine. In: Proceedings of 8-th International Green Energy Conference (NAU, June 17–19, 2013): 42–44.