



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, вып. 3. С. 337–345
Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2022, vol. 22, iss. 3, pp. 337–345
<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-3-337-345>

Научная статья
УДК 630.581.41:581.5

Почвенно-экологическая оценка условий выращивания сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в ЦЧР России и Средней Азии



Е. М. Олейникова¹✉, О. М. Кольцова¹, Е. З. Матеев², С. З. Матеева³, М. М. Мирсаидов¹

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Россия, 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1

²Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия, 394000, г. Воронеж, проспект Революции, д. 19

³Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, Республика Казахстан, 080012, г. Тараз, ул. Толе Би, д. 60

Олейникова Елена Михайловна, доктор биологических наук, профессор кафедры селекции, семеноводства и биотехнологии, cichor@agronomy.vsau.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4792-9170>

Кольцова Ольга Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии, olga.koltsova.52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2411-8575>

Матеев Есмурат Зиятбекович, кандидат технических наук, докторант кафедры машин и аппаратов пищевых производств, mateew@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2167-0217>

Матеева Сулушаш Зиятбековна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии, mateeva73@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4416-1124>

Мирсаидов Мухаммаджон Муйдинджонович, магистрант кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии, mirsaidov.muhammadjon@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9298-0186>

Аннотация. Рассмотрены особенности развития сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в регионах, значительно удаленных географически и резко различающихся по экологическим и климатическим условиям – Средней Азии (Республика Таджикистан, Согдийская область; Республика Казахстан, Жамбылская область) и Центрально-Черноземном регионе Российской Федерации (Воронежская область). Сравнительный анализ развития особей *C. tinctorius* в различных географических условиях показал, что онтоморфогенез вида маловариабелен и во всех указанных регионах протекал одинаково. Однако выявлено значительное различие в сроках наступления фенофаз, что обусловлено разными сроками посева культуры и климатическими особенностями регионов. Проведена почвенно-экологическая оценка условий выращивания сафлора красильного, выявлены физико-химические свойства и агрохимические показатели почв опытных участков в различных географических зонах. Показано отсутствие токсического аллелопатического воздействия культуры на почвы агроценозов средней полосы России. Установлена потенциальная возможность интродукции культуры в условия ЦЧР РФ, поскольку при выращивании в Воронежской области осуществляется полный онтогенез вида и происходит формирование полноценных семян. Установлено, что *C. tinctorius* обладает широким адаптационным механизмом, который опирается на особенности биологии и экологии вида.

Ключевые слова: *Carthamus tinctorius* L., развитие, онтоморфогенез, почвенно-экологическая оценка, адаптационный потенциал, интродукция, агроценозы

Для цитирования: Олейникова Е. М., Кольцова О. М., Матеев Е. З., Матеева С. З., Мирсаидов М. М. Почвенно-экологическая оценка условий выращивания сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в ЦЧР России и Средней Азии // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, вып. 3. С. 337–345. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-3-337-345>
Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Soil-ecological assessment of safflower growing conditions (*Carthamus tinctorius* L.) in the Central Black Earth region of Russia and Central Asia

Е. М. Oleynikova¹✉, О. М. Koltsova¹, Е. Z. Mateyev², S. Z. Mateyeva³, М. М. Mirsaidov¹

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 1 Michurina St., Voronezh 394087, Russia

²Voronezh State University of Engineering Technologies, 19 Revolution Avenue, Voronezh 394000, Russia

³Taraz Regional University named after M. Kh. Dulaty, 60 Tole Bi St., Taraz 080012, Republic of Kazakhstan



Elena M. Oleynikova, cichor@agronomy.vsau.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4792-9170>

Olga M. Koltsova, olga.koltsova.52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2411-8575>

Esmurat Z. Mateyev, mateew@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2167-0217>

Sylushash Z. Mateyeva, mateeva73@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4416-1124>

Mukhammadjon M. Mirsaidov, mirsaidov.muhammadjon@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9298-0186>

Abstract. The features of the development of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in regions that are significantly remote geographically and differ sharply in environmental and climatic conditions – Central Asia (Republic of Tajikistan, Sughd region; Republic of Kazakhstan, Zhambyl region) and the Central Black Earth region of the Russian Federation (Voronezh region). A comparative analysis of the development of *C. tinctorius* individuals in different geographical conditions showed that the ontomorphogenesis of the species was not very variable and proceeded in the same way in all these regions. However, a significant difference was found in the timing of the onset of phenophases, which is due to different timing of crop sowing and climatic features of the regions. A soil-ecological assessment of the growing conditions of safflower was carried out, the physicochemical properties and agrochemical characteristics of soils in experimental plots in various geographical zones were identified. The absence of a toxic allelopathic effect of the crop on the soils of agrocenoses in central Russia was shown. The potential introduction of the crop into the conditions of the Central Chernobyl Region of the Russian Federation has been established, since when grown in the Voronezh region, the complete ontogenesis of the species is occurred and the formation of full-fledged achenes took place. It has been established that *C. tinctorius* has a wide adaptive mechanism, which is based on the characteristics of the biology and ecology of the species.

Keywords: *Carthamus tinctorius* L., development, ontomorphogenesis, soil-ecological assessment, adaptive potential, introduction, agrocenoses

For citation: Oleynikova E. M., Koltsova O. M., Mateyev E. Z., Mateyeva S. Z., Mirsaidov M. M. Soil-ecological assessment of safflower growing conditions (*Carthamus tinctorius* L.) in the Central Black Earth region of Russia and Central Asia. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2022, vol. 22, iss. 3, pp. 337–345 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-3-337-345>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Антропогенное изменение климата, особенно ярко выраженное в последней четверти XX и начале XXI века [1–3], применительно к аграрному производству требует не только изменения технологий возделывания сельскохозяйственных культур, но и кардинального пересмотра их ассортимента, более активного внедрения видов и сортов, ранее не используемых в конкретных географических районах. В связи с этим все больший интерес вызывают потенциальные интродуценты – виды, которые в настоящее время выращиваются лишь локально, с узкими прикладными целями, но их биология и экология позволяют рассматривать данные культуры как альтернативные для постепенного восполнения потерь, вызванных глобальными климатическими изменениями. Необходимость расширения видового состава возделываемых культур также определяется и изменяющимися пищевыми привычками населения, повышением общественного интереса к вопросам здорового питания. В настоящее время агропромышленное производство среди основных задач устойчивого развития отрасли непременно указывает расширение ресурсной базы отдельного региона за счет внедрения богатых по химическому составу и ценных в плане практического применения видов [4, 5].

В современных реалиях аграрного производства метод интродукции новых сельскохозяйственных культур носит повсеместный

характер и, с учетом изменения почвенно-климатических условий, является необходимым фактором получения стабильных урожаев возделываемых культур с высоким качеством продукции. Для Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) РФ одной из перспективных пищевых, кормовых и технических культур является сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L., семейство Asteraceae). Это средиземноморский вид, с древних времен сафлор выращивался в Северной Африке, Юго-Восточной и Средней Азии, Закавказье и на Ближнем Востоке [6, 7]. Начиная с XVIII в. возделывают *C. tinctorius* в южных регионах России в условиях засушливого климата [8], однако в последние годы его начали выращивать в более умеренных широтах – Самарской, Пензенской областях и Нечерноземном регионе [9–11]. Центрально-Черноземный регион РФ является сравнительно новым полигоном для выращивания сафлора. Практический интерес к виду связан с возможностями использования новых масличных культур, которые стали бы дополнением для традиционного подсолнечника, а в крайне засушливых условиях – его заменителями.

Цель данной работы – провести сравнительную почвенно-экологическую оценку условий выращивания *C. tinctorius* в разных географических регионах. Работа выполнена в рамках многолетнего исследования особенностей биологии и экологии *C. tinctorius* при выращивании в ЦЧР РФ и отдельных регионах Средней Азии.



Материалы и методы

Сафлор красильный – однолетнее травянистое монокарпическое растение с ортотропными моноциклическими побегами высотой 70–90 см и стержневой корневой системой, проникающей вглубь до 1,5 м и более. Морфологические признаки сафлора характеризуются ярко выраженной ксерофитизацией, что указывает на адаптацию вида к произрастанию в засушливых условиях [6, 7]. Семянки имеют многокомпонентный химический состав: в зависимости от сорта, до 25–38% составляют ненасыщенные и насыщенные жирные кислоты (масла), до 12–14% – белки, до 22% – клетчатка и до 9% – сахара. В жирнокислотный состав сафлорового масла входит до 90% линолевой кислоты, которая относится к группе незаменимых [8]. При переработке сафлор служит источником не только растительного масла, но и полноценного белка [12–13].

Объектами исследования являлись растения *S. tinctorius* сортов Акмай, Центр 70 и Иркас, которые районированы в южных регионах Казахстана. Поскольку в работе проводился сравнительный анализ онтогенетического развития, семенной продуктивности и особенностей вегетации сафлора, считаем целесообразным использование одного сорта во всех географических точках исследования (в том числе и ЦЧР России) для получения репрезентативных данных.

Полевые исследования осуществлялись в течение вегетационных сезонов 2018–2021 гг. в ботаническом саду Воронежского ГАУ и сравнивались с данными, полученными в крестьянском хозяйстве «Кунар» (Жамбылская область, Республика Казахстан) и дехканском хозяйстве имени Д. Холматова (Согдийская область, Республика Таджикистан).

По почвенно-климатическим условиям эти регионы резко отличаются друг от друга. Так, в Воронежской области климат умеренно-континентальный. Средняя температура июля +20°С, января –9,5°С. Годовое количество осадков – около 500 мм. Почва опытного участка ботанического сада ВГАУ представляет собой чернозем выщелоченный, среднemocный, малогумусный, тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Согдийская область расположена на крайнем северо-западе Республики Таджикистан. Климат резко континентальный, субтропический, сухой и зависит от изменения высоты над уровнем моря. За год на территории области в среднем выпадает от 130 до 220 мм осадков. Средние температуры июля от +28° до +32°С, января –2–5°С. Почвы опытного участка – горные коричневые, по гранулометрическому составу относятся к

тяжелосуглинистым и глинам. Жамбылская область расположена в центре Южного Казахстана. Климат засушливый и резко континентальный. Средняя температура июля – +25°С, января – –3°С. Среднегодовое количество осадков – 300–400 мм. Почвы опытного участка – серо-бурые, очень бедны гумусом (до 2%), а из-за малого количества осадков почти всегда солонцеваты и карбонатны с поверхности [6, 7].

В качестве методической основы работы использованы традиционные методики популяционной биологии [14] и агрохимии. Агрохимические методы определения стандартные для данных типов почв: кислотность – рНметрически, а для черноземов еще гидролитическая кислотность по Каппену, сумма поглощенных оснований по Каппену – Гильковицу, степень насыщенности основаниями расчетным методом (для вскипающих почв Таджикистана и Казахстана эти показатели не определялись), гумус по Тюрину, фосфор и калий для черноземов по Чирикову, для почв Таджикистана и Казахстана – по Мачигину [15]. Активность каталазы определяли газовольметрически по методу Галстяна [16], показатель токсичности почвы под культурой – по тест-объекту, роль которого выполняли проростки редиса [17].

Результаты и их обсуждение

Как известно, на формирование урожая сельскохозяйственных культур в равной степени оказывают воздействие эколого-биологические особенности данной культуры, климат и почвенные условия. Поскольку почвенно-климатические характеристики местообитаний в РФ и Средней Азии существенно отличались, на начальных этапах исследований была поставлена задача изучения биологических особенностей сафлора красильного в указанных регионах для решения вопроса о возможности выращивания культуры в ЦЧР РФ.

Сравнительный анализ развития особей *S. tinctorius* в различных географических условиях позволяет утверждать (рис. 1), что онтоморфогенез вида маловариабелен и во всех указанных регионах протекал одинаково [6]. В онтогенезе вида было выделено 3 периода (эмбриональный, прегенеративный и генеративный) и 6 возрастных состояний: плоды (*se*), проростки (*pl*), ювенильные (*j*), иматурные (*im*), виргинильные (*v*), генеративные особи (*g*). Ход онтогенеза аналогичен таковому у стержнекорневых поликарпических видов [18], однако постгенеративный период отсутствует, после плодоношения растения полностью засыхают и отмирают.



Рис. 1. Особи *C. tinctorius* разных онтогенетических состояний при развитии: а – в Воронежской, б – Согдийской, в – Жамбылской областях

Fig. 1. Individuals of *C. tinctorius* of different ontogenetic states during development in: a – Voronezh, b – Sughd, c – Zhambyl regions

Изучение ритма сезонного развития показало значительное различие в сроках наступления фенофаз, что обусловлено разными сроками посева культуры и климатическими особенностями регионов (рис. 2). Так, наиболее ранний посев проходит в Согдийской области – 25–30 марта (уборка урожая – 15–20 июля), затем – в Жамбылской – 17–22 апреля (уборка урожая – 3–8 сентября), и наиболее поздние сроки в Воронежской – 8–12 мая (уборка – 10–15 сентября). Таким образом, нами получены интересные данные по продолжительности вегетационного периода – при выращивании в условиях короткого дня (Средняя Азия) развитие культуры происходит

за 133–135 дней, при увеличении продолжительности дня (ЦЧР РФ) вегетация сокращается до 123 дней. В литературе имеются данные [10], что в Пензенской области, расположенной к северо-востоку от Воронежской, продолжительность вегетационного периода сафлора красильного составляет 110–118 дней. Полагаем, что таким образом реализуется адаптационный механизм вида – при изменении внешних условий особи стремятся как можно быстрее сформировать семена и завершить цикл развития. Одновременно это служит доказательством пластичности культуры и возможности ее выращивания в разных географических и экологических условиях.

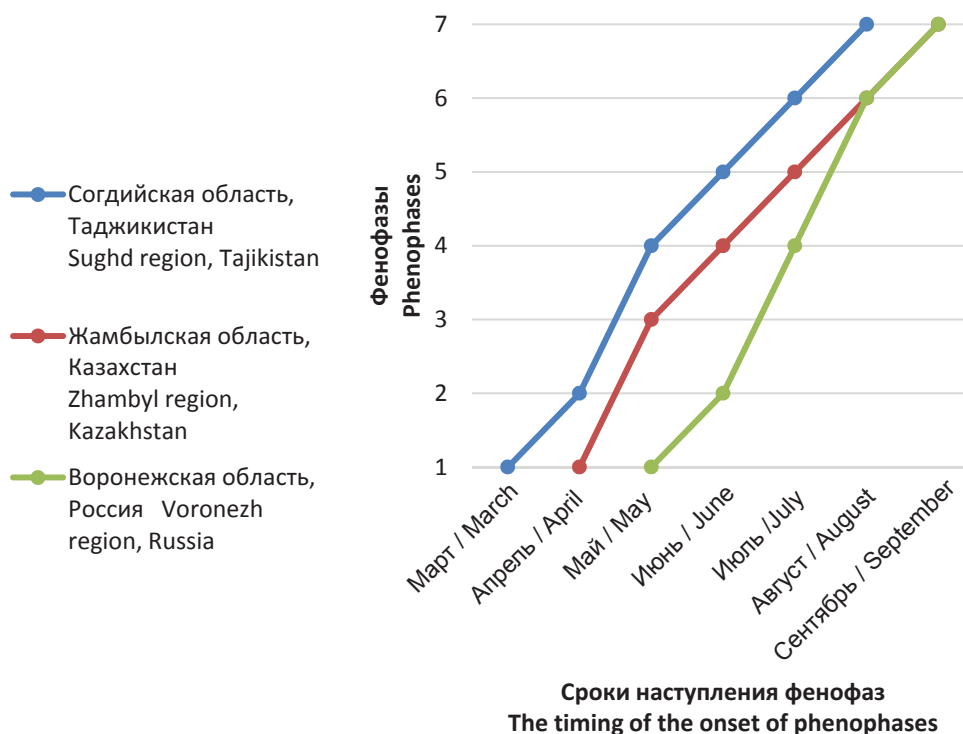


Рис. 2. Прохождение особями *C. tinctorius* основных этапов развития (фенофаза: 1 – посев, 2 – появление всходов, 3 – появление первого настоящего листа, 4 – бутонизация, 5 – начало цветения, 6 – окончание цветения, 7 – созревание семян/засыхание) (цвет online)
 Fig. 2. The passage of *C. tinctorius* individuals of the main stages of development (phenophases: 1 – sowing, 2 – emergence of seedlings, 3 – appearance of the first true leaf, 4 – budding, 5 – beginning of flowering, 6 – end of flowering, 7 – seed maturation/drying) (color online)

Оценка почвенно-экологических условий выращивания сафлора красильного в ЦЧР России и Средней Азии включала определение физико-химических и агрохимических параметров плодородия опытных участков. Полученные данные приводятся в табл. 1. Установлено, что почвы азиатских стран значительно отличаются по показателям плодородия от почвы опытного участка в Воронежской области. И прежде всего это связано с их кислотным режимом. Среднеазиатские почвы характеризуются нейтральной реакцией среды и очень низким содержанием

гумуса, они средне и низко обеспечены фосфором, но высоко обеспечены калием. Чернозем Воронежской области, напротив, имеет высокую кислотность и, следовательно, низкую степень насыщенности основаниями, но в два раза большее содержание гумуса – 4,6% против 2. Кроме того, он хорошо сбалансирован по содержанию минеральных элементов питания. Выявленные особенности подчеркивают актуальность вопроса интродукции сафлора красильного как новой масличной культуры в ЦЧР РФ.

Таблица 1 / Table 1

Физико-химические свойства и агрохимические показатели почв опытных участков в различных регионах (пахотный горизонт)
Physical and chemical properties and agrochemical indicators of soils of experimental plots in different regions (arable horizon)

Область / Region	pH _{KCl}	Hг	S	V, %	Гумус, % / Humus, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг-экв/100 г почвы / mg-eq/100g of soil				мг/кг почвы / mg/kg soil	
Воронежская / Voronezh	4,65	6,4	28	82	4,60	170	140
Согдийская / Sogdian	7,0	–	–	–	2,65	107	323
Жамбылская / Zhambyl	7,1	–	–	–	2,03	58	352



Проведенный анализ позволяет утверждать, что сафлор по своим характеристикам является культурой весьма неприхотливой к условиям почвенного питания, что отражается на его урожайности. Так, в условиях Средней Азии изучаемые сорта Акмай, Центр 70 и Иркас дают урожай 12–18 ц/га. В условиях черноземов Воронежской области сорт Центр 70 дал близкую урожайность, которая составила около 11 ц/га, два других сорта, соответственно, 9 и 8 ц/га. Уточним, что в условиях ЦЧР растения выращивались без внесения удобрений, что позволяет рассматривать данный вид как потенциальную культуру органического земледелия, интерес к которому в связи с неминуемым переходом на «зеленую энергетику» существенно повышается [19].

Изучение показателей качества семян сафлора также выявило отличие по регионам. В условиях Казахстана масличность составила 26%, в Воронежской области для сорта Центр 70 она равна 23%, а для сортов Акмай и Иркас – около 19%. Тогда как содержание белка резко отличается в пользу семян, полученных в условиях ЦЧР РФ. Так, для семян, выращенных в Жамбылской области, этот показатель составляет 15%, а в Воронежской области для сорта Акмай – 19%, а сортов Центр 70 и Иркас – до 30%. Полагаем, это можно объяснить более высоким содержанием гумуса и, следовательно, азота и влаги в почве по сравнению с азиатским регионом.

При проведении интродукционных исследований новых видов сельскохозяйственных растений важным моментом является изучение их влияния на биологические показатели почвенного комплекса, выявление возможного отрицательного или положительного влияния на них. Исходя из этого, в работе проанализированы два параметра, достаточно полно и объективно характеризующих состояние почвенно-биотического комплекса агроэкосистемы на черноземе выщелоченном – определение активности каталазы и определение токсичности почвы по биотесту.

Интегрированным показателем биологической активности почвы является активность ферментов, так как она связана с деятельностью

всех живых почвенных организмов, их как прижизненными выделениями, так и посмертными остатками. Необходимо отметить, что, осуществляя функциональные связи между основными составляющими экосистемы – почвой и населяющими ее живыми организмами через механизмы вещественно-энергетического обмена, ферменты способствуют поддержанию целостности и устойчивости системы [20]. Особенно важно изучение активности ферментов, связанных с разложением вредных и ядовитых веществ (в частности, перекиси водорода) – прежде всего каталазы. В биохимических реакциях, происходящих в живых организмах, молекула кислорода сначала восстанавливается до иона перекиси, который, соединяясь с ионами водорода, образует перекись водорода – токсичное для живых организмов вещество. Фермент каталаза участвует в разложении перекиси водорода по схеме Я. В. Пейве [21] с образованием молекулярного кислорода и воды в качестве конечных продуктов. Образование этого фермента в почве связано главным образом с деятельностью почвенных водорослей и грибов, а также корней высших растений. По степени активности каталазы судят о направленности проходящих процессов. Каталаза является не только внутриклеточным ферментом, она активно выделяется микроорганизмами в окружающую среду, обладает высокой устойчивостью и может накапливаться и длительное время сохраняться в почве. По мнению ряда авторов [22–24], активность каталазы в почвах может служить объективным показателем ее биологической активности.

Полученные результаты показывают, что активность каталазы в почве опытных участков под сафлором красильным резко отличается по регионам (табл. 2). Данный показатель для чернозема выщелоченного Воронежской области характеризуется как средний и превышает азиатские образцы в два раза, где он характеризуется как слабый. Это говорит о том, что растение не оказывает отрицательного воздействия на биотический комплекс почвы и не снижает напряженности протекания окислительно-восстановительных процессов.

Таблица 2 / Table 2

Активность каталазы в пахотном горизонте опытных участков
Catalase activity in the plow horizon of experimental plots

Область / Region	Каталаза, см ³ O ₂ за 1 мин на 1 г почвы / Catalase, cm ³ O ₂ per 1 min 1 g of soil
Воронежская / Voronezh	4,2
Согдийская / Sogdian	2,4
Жамбылская / Zhambyl	2,6
НСР _{0,95}	1,2



Любое воздействие на почву, в том числе и процесс интродукции новых видов растений, может вызвать их токсическое воздействие за счет аллелопатии, то есть выделения химических соединений, которые тормозят или подавляют развитие других биологических компонентов (микроорганизмов, растений, животных), в данном случае местных видов, отвечающих за общую устойчивость агроэкосистемы. Часто под аллелопатией понимают как отрицательное, так и положительное воздействие растений в фитоценозах, а также в биоте почвенно-биотического комплекса. Зачастую аллелопатия выступает как форма экологической конкуренции между организмами в биоценозах [25].

Для прояснения аллелопатического влияния сафлора красильного в агроценозах ЦЧР нами изучался показатель токсичности почвы под культурой по тест-объекту, роль которого выполняли

семена редиса, как наиболее отзывчивые на состояние почвы в ходе сельскохозяйственного и иного использования. Это достаточно бюджетный метод, не требующий дорогостоящего оборудования и реактивов. Определение токсичности проводят по всхожести семян и величине отросшего корня у проростков. Токсичным считается вариант, где эти показатели снижаются на 20% и более [17].

Выявление токсичности почвы в условиях интенсивной сельскохозяйственной деятельности может служить дополнительным диагностическим показателем воздействия на почву и качество получаемой продукции. Контролем послужила почва под естественной растительностью целины на черноземе выщелоченном, полностью исключая воздействие интродуцируемой культуры. В каждом варианте использовали по 25 откалиброванных семян редиса. Полученные данные приводятся в табл. 3.

Таблица 3 / Table 3

**Определение токсичности почв по биотесту (пахотный горизонт)
Determination of soil toxicity by biotest (arable horizon)**

Варианты опыта / Experience options	Длина корня, мм / Root length, mm			Всхожесть / Germination	
	Общая / General	Средняя на 1 семя / Average per 1 seed	% к контролю / % Control	Количество, штук / Quantity, pieces	% к общему количеству / % to the total quantity
Контроль / Control	950	40	100	24	96
Воронежская область / Voronezh region	920	40	100	23	92
Согдийская область / Sogdian region	682	34	85	23	92
Жамбылская область / Zhambyl region	1025	41	102	25	100

Установлено, что наилучшие результаты получены на почве казахского опытного участка, здесь всхожесть семян составила 100%, а максимальная длина корня в среднем на одно растение – 41 мм, или 102% к контролю. Условия Воронежской области на черноземе выщелоченном не показали токсического воздействия интродуцируемой культуры *S. tinctorius*. Полученные данные для почвы под сафлором равны с контролем и близки к таковым в условиях Казахстана. Наименьшие результаты по отрастанию корня отмечены для Согдийской области – 85% к контролю. Особо подчеркнем, что ни в одном из вариантов нами не отмечается токсическое воздействие культуры, поскольку разница в показателях не превышает установленных 20%. Полученные результаты подтверждают, что новая для условий Воронежской области сельскохозяйственная культура не вызывает отрицательного воздействия на агроценоз.

Резюмируя вышеизложенное, подчеркнем, что почвенно-экологические условия позволяют возделывать культуру сафлора в Воронежской области. При выращивании в ЦЧР осуществляется полный онтогенез вида и происходит формирование полноценных семян. *S. tinctorius* обладает широким адаптационным механизмом, который опирается на особенности биологии и экологии вида – как анатомо-морфологические (ксерофитизация органов), так и физиолого-биохимические (изменение сроков прохождения фенофаз, химического состава семян в зависимости от типа почв, способности произрастать на почвах разных географических зон, отсутствие токсического воздействия на агроценоз). Полагаем, что выявленные закономерности указывают на потенциальную возможность для растений сафлора красильного в Воронежской области формировать урожайность, соизмеримую с урожайностью культуры в регионах Средней Азии.



Список литературы

1. Дзюба А. В., Панин Г. Н. Механизм формирования многолетних направленных изменений климата в прошедшем и текущем столетиях // *Метеорология и гидрология*. 2007. № 5. С. 5–26.
2. Школьник И. М., Мелешко В. П., Катцов В. М. Возможности изменения климата на европейской части России и сопредельных территориях к концу XXI века: расчет региональной моделью ГГО // *Метеорология и гидрология*. 2006. № 3. С. 5–16.
3. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Колебания и изменения климата на территории России // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2003. Т. 39, № 2. С. 166–187.
4. Nikiforov A. I., Oleynikova E. M., Bagdasarian A. S., Mironova O. Yu., Mishurova O. I. Medical and social legal aspects of the use of hydrophyte plants for food // *La Prensa Medica Argentina*. 2019. Vol. 105, № 9. P. 582–588.
5. Гладышева О. В., Олейникова Е. М. Онтогенез и феноритмотипы пряно-ароматических интродуцентов в ЦЧР. Воронеж : ВГАУ, 2016. 198 с.
6. Олейникова Е. М., Кольцова О. М., Матеев Е. З., Матеева С. З., Мирсаидов М. М. Особенности выращивания сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в разных географических зонах (на примере Средней Азии и ЦЧР России) // *Вестник Воронежского ГАУ*. 2021. № 14 (68). С. 52–61.
7. Oleynikova E. M., Koltsova O. M., Mateyeva S. Z., Mateyeva A. E., Mirsaidov M. M. *Carthamus tinctorius* L. development and productivity under the influence of ecological and climatic factors // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 723, № 022082. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/2/022082>
8. Мажжаев Н. И. Продуктивность сафлора в зависимости от способа посева и норм высева в условиях Саратовского Заволжья : автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук. Саратов, 2014. 23 с.
9. Афанасьева Ю. В. Интродукция и особенности возделывания сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) на семена в условиях Центрального района Нечерноземной зоны : автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук. Москва, 2017. 25 с.
10. Прахова Т. Я., Кишикаткина А. Н., Щанин А. А. Сравнительное изучение сортов сафлора в условия Пензенского региона // *Сурский вестник*. 2019. № 3 (7). С. 38–42.
11. Харисова А. В. Фармакогностическое исследование сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) : дис. ... канд. фарм. наук. Самара, 2014. 160 с.
12. Liu J. X., Guo Z., Li G., Yue J. W. Hyperspectral characteristics of *Carthamus tinctorius* in Xinjiang region // *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. 2013. Vol. 38, № 9. P. 1335–1339.
13. Feng Z. M., He J., Jiang J. S., Chen Z. NMR solution structure study of the representative component hydroxysafflor yellow A and other quinochalcone C-glycosides from *Carthamus tinctorius* // *J. Nat. Prod*. 2013. Vol. 76, № 2. P. 270–274.
14. Олейникова Е. М. Стержнекорневые травы юго-востока Средней России : дис. ... д-ра биол. наук. Воронеж, 2015. 452 с.
15. Практикум по агрохимии / под ред. В. Г. Минеева. М. : Изд-во МГУ, 2001. 687 с.
16. Галстян А. Ш. Определение активности ферментов почв. Ереван : Айастан, 1978. 275 с.
17. Минеев В. Г., Ремпе Е. Х., Воронина Л. П. Биотест для определения экологических последствий применения химических средств защиты растений // *Доклады ВАСХНИЛ*. 1991. № 7. С. 5–9.
18. Олейникова Е. М. Онтогенез и возрастные группы цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) // *Проблемы интродукции и экологии Центрального Черноземья*. Воронеж : ВГУ, 1997. С. 124–129.
19. Мистратова Н. А., Ступницкий Д. Н., Яшин С. Е. Органическое земледелие в России (обзорная статья) // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 11 (176). С. 100–107.
20. Галстян А. Ш., Григорян К. В. Ферментативная диагностика почв // *Труды НИИ почвоведения и агрохимии АрмССР*. Ереван, 1978. Вып. XIII. С. 132–140.
21. Пейве Я. В. Биохимия почв. М. : Сельхозгиз, 1961. 422 с.
22. Кононова М. М. Ферментативная активность как диагностический показатель почв // *Почвоведение*. 1970. № 7. С. 14–19.
23. Купревич В. Ф. Воздействие высших растений на субстрат с помощью ферментов, выделяемых корнями // *Вопросы ботаники*. 1954. № 1. С. 91–109.
24. Пашурин М. М. Ферментативная активность почв и почвогрунтов при хроническом воздействии экотоксикантов различной природы в условиях Центральной и Южной Якутии // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2012. № 1. С. 76–81.
25. Гродзинский А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ: Основы химического взаимодействия растений. Киев : Наукова думка, 1965. 200 с.

References

1. Dziuba A. V., Panin G. N. The mechanism of formation of long-term directed climate changes in the past and current centuries. *Meteorology and Hydrology*, 2007, no. 5, pp. 5–26 (in Russian).
2. Shkolnik I. M., Meleshko V. P., Kattsov V. M. Possibilities of climate change in the European part of Russia and adjacent territories by the end of the 21st century: Calculation by the regional GGO model. *Meteorology and Hydrology*, 2006, no. 3, pp. 5–16 (in Russian).
3. Gruza G. V., Rankova E. Ya. Climate fluctuations and changes on the territory of Russia. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Physics of the Atmosphere and Ocean*, 2003, vol. 39, no. 2, pp. 166–187 (in Russian).
4. Nikiforov A. I., Oleynikova E. M., Bagdasarian A. S., Mironova O. Yu., Mishurova O. I. Medical and social legal aspects of the use of hydrophyte plants for food. *La Prensa Medica Argentina*, 2019, vol. 105, no. 9, pp. 582–588.



5. Gladysheva O. V., Oleinikova E. M. *Ontogenez i fenoritmotipy pryano-aromaticheskikh introdutsentov v TsChR* [Ontogeny and phenorhythmotypes of spicy-aromatic introducers in the Central Black Earth region]. Voronezh, VGU Publ., 2016. 198 p. (in Russian).
6. Oleynikova E. M., Koltsova O. M., Mateev E. Z., Mateeva S. Z., Mirsaidov M. M. Peculiarities of cultivation of dye safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in different geographic zones (on the example of Central Asia and the Central Chernozem Region of Russia). *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*, 2021, no. 14 (68), pp. 52–61 (in Russian).
7. Oleynikova E. M., Koltsova O.M., Mateyeva S. Z., Mateyeva A. E., Mirsaidov M. M. *Carthamus tinctorius* L. development and productivity under the influence of ecological and climatic factors. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 723, article no. 022082. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/2/022082>
8. Mazhaev N. I. *The productivity of safflower depending on the method of sowing and seeding rates in the conditions of the Saratov Trans-Volga region*. Thesis Diss. Cand. Sci. (Agricult.). Saratov, 2014. 23 p. (in Russian).
9. Afanas'eva Yu. V. *Introduction and features of the cultivation of safflower (Carthamus tinctorius L.) for seeds in the Central region of the Nonchernozem zone*. Thesis Diss. Cand. Sci. (Agricult.). Moscow, 2017. 25 p. (in Russian).
10. Prakhova T. Ya., Kshnikatkina A. N., Shanin A. A. Comparative study of safflower varieties in the conditions of the Penza region. *Sursky Vestnik*, 2019, no. 3 (7), pp. 38–42 (in Russian).
11. Kharisova A. V. *Pharmacognostic study of safflower dye (Carthamus tinctorius L.)*. Diss. Cand. Sci. (Pharm.). Samara, 2014. 160 p. (in Russian).
12. Liu J. X., Guo Z., Li G., Yue J. W. Hyperspectral characteristics of *Carthamus tinctorius* in Xinjiang region. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 2013, vol. 38, no. 9, pp. 1335–1339.
13. Feng Z. M., He J., Jiang J. S., Chen Z. NMR solution structure study of the representative component hydroxysafflor yellow A and other quinochalcone C-glycosides from *Carthamus tinctorius*. *J. Nat. Prod.*, 2013, vol. 76, no. 2, pp. 270–274.
14. Oleynikova E. M. *Taproot grasses of the southeast of Central Russia*. Diss. Dr. Sci. (Biol.). Voronezh, 2015. 452 p. (in Russian).
15. *Praktikum po agrokhimii* [Mineev V. G., ed. Workshop on agricultural chemistry]. Moscow, Moscow University Press, 2001. 687 p. (in Russian).
16. Galstyan A. Sh. *Opredeleniye aktivnosti fermentov pochv* [Determination of the activity of soil enzymes]. Yerevan, Hayastan Publ., 1978. 275 p. (in Russian).
17. Mineev V. G., Rempe E. Kh., Voronina L. P. Biotest to determine the environmental consequences of the use of chemical plant protection products. *Doklady VASKhNIL*, 1991, no. 7, pp. 5–9 (in Russian).
18. Oleynikova E. M. Ontogeny and age groups of common chicory (*Cichorium intybus* L.). In: *Problems of Introduction and Ecology of the Central Chernozem Region*. Voronezh, VGU Publ., 1997, pp. 124–129 (in Russian).
19. Mistratova N. A., Stupnitsky D. N., Yashin S. E. Organic farming in Russia (review article). *Vestnik KrasGAU*, 2021, no. 11 (176), pp. 100–107 (in Russian).
20. Galstyan A. Sh., Grigoryan K. V. Enzymatic diagnostics of soils. *Proceedings of the Research Institute of Soil Science and Agrochemistry of the ArmSSR*. Yerevan, 1978, iss. XIII, pp. 132–140 (in Russian).
21. Peive Ya. V. *Biokhimiya pochv* [Biochemistry of Soils]. Moscow, Selkhozgiz Publ., 1961. 422 p. (in Russian).
22. Kononova M. M. Enzymatic activity as a diagnostic indicator of soils. *Eurasian Soil Science*, 1970, no. 7, pp. 14–19 (in Russian).
23. Kuprevich V. F. The impact of higher plants on the substrate with the help of enzymes secreted by the roots. *Questions of Botany*, 1954, no. 1, pp. 91–109 (in Russian).
24. Shashurin M. M. Enzymatic activity of soils and soils under chronic exposure to ecotoxicants of various nature in the conditions of Central and Southern Yakutia. *Natural Resources of the Arctic and Subarctic*, 2012, no. 1, pp. 76–81 (in Russian).
25. Grodzinsky A. M. *Allelopatiya v zhizni rasteniy i ikh soobshchestv: Osnovy khimicheskogo vzai-modeystviya rasteniy* [Allelopathy in the life of plants and their communities: Fundamentals of the chemical interaction of plants]. Kyiv, Naukova Dumka Publ., 1965. 200 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 02.05.2022; одобрена после рецензирования 22.05.2022; принята к публикации 23.05.2022
 The article was submitted 02.05.2022; approved after reviewing 22.05.2022; accepted for publication 23.05.2022