

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 581.524.2:582.998:581.192(476)

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-4-462-472>

Поступила в редакцию 28.05.2020

Received 28.05.2020

Т. А. Скуратович, Н. Б. Павлютина, О. В. Молчан

*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси,
Минск, Республика Беларусь*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ 2,4-Д, КЛОПИРАЛИДА И ГЛИФОСАТА ПРОТИВ АМБРОЗИИ ПОЛЫННОЛИСТНОЙ, РАСПРОСТРАНЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Исследована биологическая эффективность 2,4-Д, клопиралаида и глифосата, действующих веществ многих коммерческих гербицидов, против амброзии полыннолистной в контролируемых лабораторных условиях. Также проведена оценка ряда физиологических параметров (высота, образование листьев, диаметр стебля, содержание хлорофилла, накопление сухой массы) исследуемых растений. Установлены максимальная биологическая эффективность и высокая степень ингибирования физиологических процессов растений амброзии полыннолистной при обработке 2,4-Д, клопиралаидом и глифосатом в дозах 530, 461 и 406 г/га соответственно. Биологическая эффективность 2,4-Д составила 86 %, клопиралаида – 83, глифосата – 80 %. Выявлено, что для ускорения и оптимизации процесса тестирования эффективности гербицидов против амброзии полыннолистной в полевых условиях может быть использован экспресс-метод определения содержания хлорофилла портативным прибором флавонол-хлорофилломером DUALEX. Данный подход позволит прогнозировать эффективность гербицидов уже на 7-е сутки после обработки, что существенно ускорит подбор коммерческих препаратов и норм их расхода.

Ключевые слова: *Ambrosia artemisiifolia* L., 2,4-Д, клопиралаид, глифосат, хлорофилл

Для цитирования: Скуратович, Т. А. Оценка эффективности действия 2,4-Д, клопиралаида и глифосата против амброзии полыннолистной, распространенной на территории Беларуси / Т. А. Скуратович, Н. Б. Павлютина, О. В. Молчан // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 4. – С. 462–472. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-4-462-472>

Tatyana A. Skuratovich, Nina B. Pavlyutina, Olga B. Molchan

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF 2,4-D, CLOPYRALID AND GLYPHOSATE IN RELATION TO *AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L. GROWING IN BELARUS

Abstract. The biological effectiveness of the active substances 2,4-D, clopyralide and glyphosate (Sigma, USA) in relation to ragweed under the controlled laboratory conditions was studied. The number of physiological parameters (plant height, leaf formation, stem diameter, chlorophyll content, dry weight accumulation) of the studied plants were also evaluated. It was found that treating ragweed plants having 3 pairs of leaves by herbicides 2,4-D, clopyralid and glyphosate showed maximum biological effectiveness and the level of inhibition of physiological processes at doses of 530, 461, and 406 g/ha respectively. The biological effectiveness of herbicides was 86 % for 2,4-D, clopyralid – 83, glyphosate – 80 %. It was revealed that in order to speed up and optimize the process of testing the effectiveness of herbicides against ragweed in the field, the express method for determining the chlorophyll content with the DUALEX portable flavonol-chlorophyllometer can be used. This indicator will determine the effectiveness of herbicides already on the 7th day after treatment, which will significantly accelerate the selection of substances and herbicide consumption rates.

Keywords: *Ambrosia artemisiifolia* L., 2,4-D, clopyralide, glyphosate, chlorophyll

For citation: Skuratovich T. A., Pavlyutina N. B., Molchan O. B. Evaluation of the efficiency of 2,4-D, clopyralid and glyphosate in relation to *Ambrosia artemisiifolia* L. growing in Belarus. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 4, pp. 462–472 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-4-462-472>

Введение. Амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – однолетнее растение из семейства *Asteraceae* – опасный инвазивный вид, который является карантинным объектом для Республики Беларусь. В зависимости от условий произрастания *A. artemisiifolia* достигает высоты 20–100 см (редко до 200 см) [1]. Развивая мощную надземную массу и корневую систему,

A. artemisiifolia сильно подавляет рост аборигенных растений [2]. Кроме того, амброзия расходует много воды и питательных веществ на образование биомассы, что приводит к иссушению почвы и значительному снижению ее плодородия. Помимо этого, *A. artemisiifolia*, как правило, оказывает отрицательное аллелопатическое действие на прорастание семян и развитие растений [3, 4]. На лугах и пастбищах амброзия может вытеснять злаково-бобовые травы и снижать кормовые качества сена из-за содержания в листьях горьких эфирных масел [5]. Пыльца амброзии является сильнейшим аллергеном, вызывающим тяжелые аллергические реакции, риниты, конъюнктивиты, бронхиальную астму [6, 7].

Родиной амброзии полыннолистной является Северная Америка [1]. В Европу семена различных видов амброзии, скорее всего, были завезены из Америки вместе с семенами клевера и зерном. В Западной Европе амброзия была обнаружена в Бранденбурге (Германия) уже в 1863 г. [8]. В настоящее время в Европе амброзия отмечена в трех основных регионах: в долине Роны (Франция), в Северной Италии и Карпатском бассейне, а также в сельской местности в Австрии [9–13]. Исходным регионом распространения амброзии в Словакии является равнина в бассейне р. Дунай и Восточная Словакия. Первое описание ее присутствия (Комарно, юго-западная Словакия) датируется 1949-м годом. В Словению *Ambrosia artemisiifolia* была завезена в конце Второй мировой войны (карта распространения амброзии впервые была опубликована в 1978 г.), и ее появление здесь считалось временным. Тем не менее, в низменностях амброзия сумела быстро и широко распространиться [14]. В России наиболее загрязненными районами являются Краснодарский и Ставропольский край [11].

В Беларуси этот опасный карантинный сорняк впервые был отмечен в 1973 г. в Мозырском районе [1]. Семена *A. artemisiifolia* заносятся в Беларусь из южных регионов, в том числе из России и Украины. В последнее время наблюдается увеличение скорости экспансии, расширение количества мест и площади распространения данного вида на территории Беларуси. Проникая через железнодорожные пути и автостреды, а также с зараженным зерном, амброзия полыннолистная поселяется в нарушенных местообитаниях, способна проникать в природные экосистемы и быстро образовывать крупные заросли. Кроме того, изменение климатических условий на территории Беларуси (повышение зимних и летних температур) [15] приводит к ускорению ростовых процессов, увеличению выживаемости амброзии, продуктивности пыльцы растения. В кадастре РБ зарегистрирована 31 популяция амброзии полыннолистной, общая площадь распространения которой составляет 7,6 га [16]. Этот опасный инвазивный вид в последние годы активно расширяет свой ареал на территории республики. Он произрастает на железнодорожных насыпях, обочинах дорог, пустырях, свалках мусора, в нарушенных местах населенных пунктов, на территории комбинатов хлебопродуктов и т. д. [16, 17].

Основными методами борьбы с амброзией полыннолистной являются карантинные, агротехнические, биологические и химические. Химический метод является в настоящее время наиболее широко используемым. Согласно результатам ряда работ, амброзию полыннолистную в различной степени подавляют более 50 различных гербицидов, применяемых в посевах сельскохозяйственных культур и на необрабатываемых землях [18]. Наиболее эффективны гербициды на основе 2,4-Д, клопиралида, глифосата.

Например, исследования в штате Небраска показали, что амброзия чувствительна к гормоноподобным гербицидам, или синтетическим ауксинам, и может эффективно контролироваться при помощи 2,4-Д [19, 20]. В других работах отмечено, что применение 2,4-Д с нормой расхода 280 и 560 г/га привело к подавлению амброзии на 57 и 73 % соответственно, а глифосинат аммония в комплексе с 2,4-Д обеспечивал уничтожение амброзии примерно на 89 % [21].

По результатам других исследований наиболее эффективными гербицидами, подавляющими амброзию полыннолистную, являются препараты на основе клопиралида. В Германии и Дании исследовано влияние клопиралида на скошенные (до 10 см) и неповрежденные растения амброзии [18]. В результате авторами работы установлено, что клопиралид обладает низкой эффективностью при обработке неповрежденной амброзии, а применение после кошения повышает его эффективность [22].

Во многих публикациях приводятся результаты исследований влияния глифосата на амброзию полыннолиственную. Показано [22], что глифосат оказывает на амброзию более эффективное действие, чем клопиралид. Также в последнее время проводится много исследований комплексного действия глифосата с другими гербицидами на амброзию полыннолиственную. Так, в работе [23] показано, что при применении смеси глифосата и фомесафена биомасса амброзии уменьшается на 95 %, при использовании глифосата и ацифлуорфена – на 92 %.

Вместе с тем амброзия полыннолистная способна адаптироваться к стрессовым условиям и в ответ на действие гербицидов проявлять защитную или ростстимулирующую реакцию, например формировать семена с высокой жизнеспособностью [18, 21].

Несмотря на то что в последние годы отмечается явное увеличение скорости экспансии и расширение количества мест, а также площади распространения амброзии полыннолиственной на территории Беларуси, специальных исследований по разработке методов борьбы с ней не проводилось. Поэтому в настоящее время чрезвычайно актуальным является подбор эффективных гербицидов против амброзии полыннолиственной, разрешенных к применению на территории Беларуси, проведение их испытаний в лабораторных и полевых условиях для предотвращения ее распространения по территории нашей республики.

Цель данной работы – оценка в контролируемых лабораторных условиях активности 2,4-Д, клопиралида и глифосата в отношении амброзии полыннолиственной, семена которой были собраны на территории Беларуси.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований были растения амброзии полыннолиственной (семена собраны на территории Гомельской области), выращенные в лабораторных условиях до появления третьей пары листьев при 16-часовом фотопериоде, освещенности $270 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$; температуре воздуха $+25 \text{ }^\circ\text{C}$; относительной влажности воздуха 70 %. Влажность почвы поддерживали на уровне полевой влагоемкости. Емкости объемом 200 мл заполняли почвогрунтом и высаживали проростки амброзии в количестве 1 штука на емкость.

Для обработки растений применяли следующие дозы действующих веществ гербицидов (Sigma, США): 2,4-Д – 0,53–530 г/га, клопиралид – 0,461–461, глифосат – 0,406–406 г/га. Контрольные варианты (без гербицидов) опрыскивали дистиллированной водой. На 7-е и 21-е сутки после обработки анализировали следующие параметры растений: высоту, количество листьев, диаметр стебля, содержание хлорофилла. Накопление сухой массы оценивали на 21-е сутки.

Содержание хлорофилла в интактных листьях оценивали фотометрическим методом при помощи портативного флавонол-хлорофилломера DUALEX (Франция) [24]. Измерения для каждого варианта проводили не менее чем в 20-кратной повторности.

Для определения биологической эффективности гербицидов рассчитывали снижение сухой массы растений (в процентах к контролю) в результате применения препаратов [21, 25, 26].

Все эксперименты были выполнены в трехкратной повторности. Данные на гистограммах представлены как средняя арифметическая величина и ошибка средней величины.

Результаты и их обсуждение. В работе исследована биологическая эффективность 2,4-Д, клопиралида и глифосата в отношении амброзии полыннолиственной. На рис. 1 представлено влияние тестируемых гербицидов на накопление сухой массы растений амброзии. Установлено, что 2,4-Д в дозах 53 и 530 г/га оказывает ингибирующий эффект на данный параметр (рис. 1, А). Накопление сухой массы растением на 21-е сутки с момента обработки гербицидом в данных концентрациях составило $0,20 \pm 0,014 \text{ г}$ и $0,05 \pm 0,004 \text{ г}$ соответственно. В контроле этот показатель был равен $0,35 \pm 0,058 \text{ г}$. Биологическая эффективность 2,4-Д, применяемого в таких дозах, составила 43 и 86 % соответственно. Необходимо отметить, что 2,4-Д при более низкой дозе угнетающего действия на накопление сухой массы растений амброзии не оказывал.

Анализ влияния клопиралида (4,61, 46,1 и 461 г/га) показал, что к 21-м суткам культивирования сухая масса растений после обработки составила 71, 55 и 17 % от контроля соответственно (рис. 1, В). Биологическая эффективность клопиралида в вышеперечисленных вариантах опыта была равной 29, 45 и 83 % соответственно.

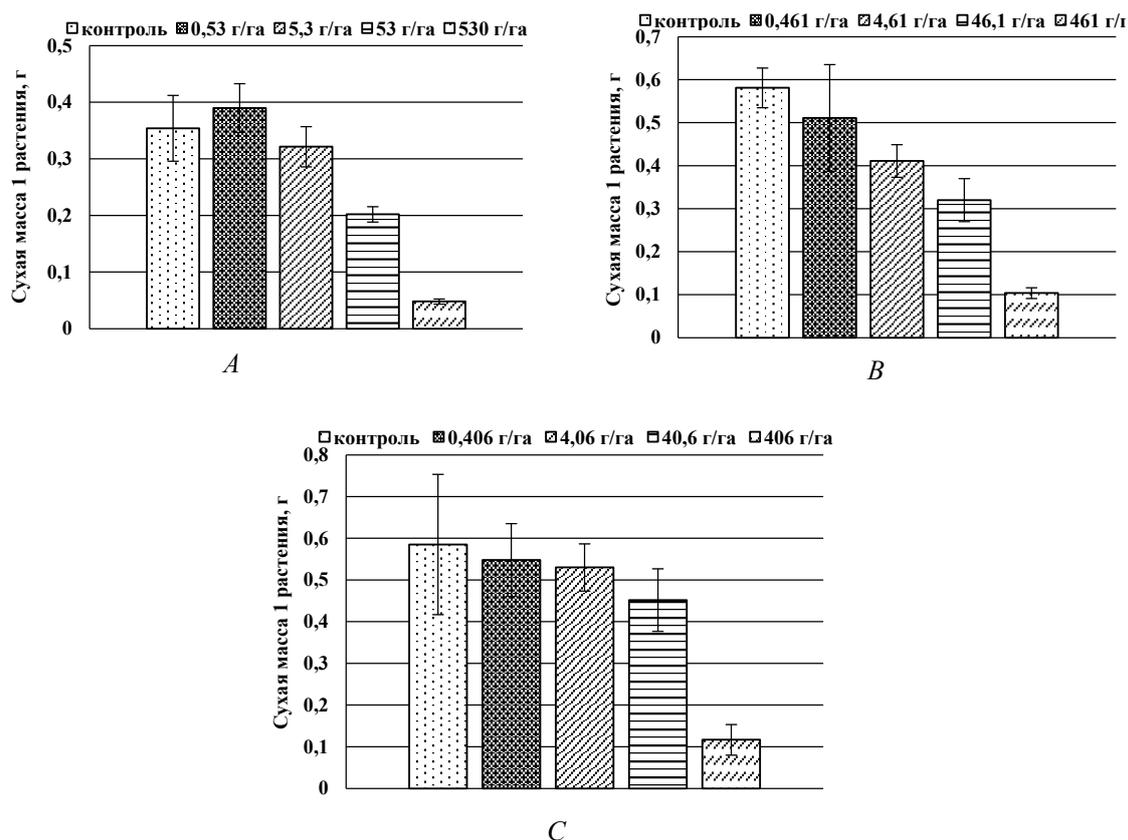


Рис. 1. Накопление сухой массы растениями амброзии полыннолистной через 21 сут после обработки гербицидами 2,4-Д (А), клопиралидом (В) и глифосатом (С)

Fig. 1. Accumulation of dry mass by plants of ragweed treated with herbicides 2,4-D (A), clopyralid (B) and glyphosate (C) after 21 days

При анализе влияния глифосата на накопление сухой массы растений амброзии было установлено, что к 21-м суткам культивирования после обработки данный показатель значительно снижался по сравнению с контролем при действии гербицида только в самой большой из используемых доз и составил 20 % от контроля (рис. 1, С). Таким образом, эффективность глифосата в этом варианте была равной 80 %.

Полученные результаты согласуются с данными, опубликованными ранее в ряде работ. Так, согласно нашим исследованиям, гербицид 2,4-Д в дозе 530 г/га оказывал ингибирующее действие на рост амброзии полыннолистной. Подобный эффект установлен и в работе [21] при исследовании влияния 560 г/га 2,4-Д, что привело к подавлению амброзии на 73 %. Меньшая доза гербицида (280 г/га) ингибировала ростовые процессы сорняка на 57 % [21].

Нами также установлено, что клопиралид в дозе 461 г/га оказывал максимальный ингибирующий эффект на морфофизиологические параметры растений амброзии. В работе [22] авторы исследовали влияние клопиралид на амброзию в более низких дозах (24–96 г/га). В результате были получены данные, свидетельствующие о низкой эффективности гербицида.

В работе [22] было отмечено, что глифосат оказывал эффективное действие на амброзию полыннолистную в дозах от 432 до 864 г/га. Данные результаты также вполне согласуются с нашими. Эффективность применения глифосата для уничтожения амброзии полыннолистной была отмечена и в других исследовательских работах [23].

Далее был предпринят скрининг физиолого-биохимических параметров растений амброзии полыннолистной, обработанных тестируемыми гербицидами. Представлялось важным определить параметр, позволяющий ускорить и оптимизировать процесс тестирования эффективности гербицидов в полевых условиях в связи с коротким вегетационным периодом амброзии полыннолистной. Следует отметить, что при оценке биологической эффективности гербицидов часто

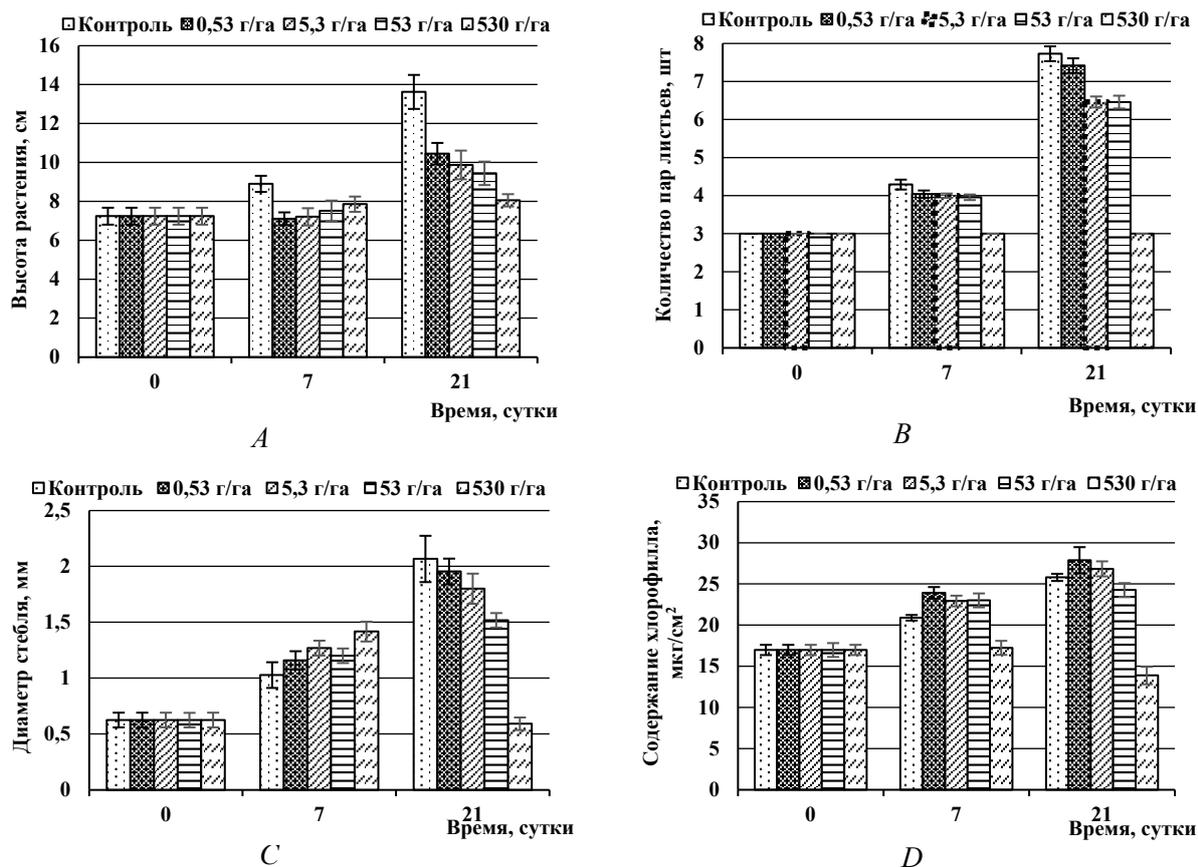


Рис. 2. Влияние 2,4-Д на высоту растений (А), образование листьев (В), диаметр стебля (С) и содержание хлорофилла (D) у амброзии полыннолистной

Fig. 2. The effect of 2,4-D on plant height (A), leaf formation (B), stem diameter (C) and chlorophyll content (D) in *A. artemisiifolia*

используют методические руководства по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве [27]. Согласно ряду таких руководств, важно оценивать признаки повреждения сорных растений (изменение окраски листовых пластинок (осветление, хлороз, покраснение), частичный некроз листовых пластинок и/или полное отмирание листьев, деформацию листовых пластинок (скручивание, гофрированность), повреждение точки роста (хлороз, некроз) и др. [27]. Поэтому и в данной работе изучение нами морфофизиологических параметров (высота, количество листьев, диаметр стебля, содержание хлорофилла), предполагало, что они будут информативными при оценке биологической эффективности гербицидов, что позволит ускорить процесс их тестирования в полевых условиях.

Как видно из рис. 2, где показано влияние 2,4-Д на морфофизиологические параметры амброзии полыннолистной, высота растений во всех вариантах опыта к 7-м суткам с момента обработки гербицидом была меньше контроля примерно на 16 % (рис. 2, А). Следует отметить, что и к 7-м, и к 21-м суткам под действием 2,4-Д в дозах 0,53 и 530 г/га наблюдалось ингибирование роста амброзии. Высота растений в данных вариантах опыта к 21-м суткам была в среднем на 27 % меньше, чем контрольный показатель. Через 21 сут максимальный ингибирующий эффект 2,4-Д отмечался при норме его расхода 530 г/га. Высота растений при этом была на 40 % меньше контроля и не изменилась с момента обработки гербицидом.

Схожий эффект 2,4-Д отмечен и при оценке образования листьев. Так, на 7-е сутки использование гербицида в дозах 0,53 и 53 г/га на 7 % снизило количество образовавшихся листьев по сравнению с контрольной величиной. Количество листьев у амброзии полыннолистной через 7 сут после применения 2,4-Д в дозе 530 г/га вообще не изменилось (рис. 2, В). Спустя 21 сут действие гербицида в дозах 5,3 и 53 г/га привело к уменьшению их количества до 6 пар, в то время

как у контрольных растений образовалось в среднем 8 пар листьев. А в варианте, где применяли 0,53 г/га 2,4-Д, данный параметр не отличался от контроля. Подавление процесса образования листьев амброзии при норме расхода 530 г/га, зафиксированное через 7 сут после обработки, наблюдалось также и через 21 сут после применения гербицида. Количество листьев при этом осталось исходным (3 пары).

Действие гербицида 2,4-Д во всех исследованных дозах через 7 сут с момента применения привело к увеличению диаметра стебля амброзии по сравнению с контролем (рис. 2, *С*). Данное увеличение связано с тем, что 2,4-Д является гормоноподобным гербицидом (синтетический ауксин), который нарушает нормальный рост растений, вызывает разрастание тканей, деформацию клеток флоэмы и ксилемы, в результате чего происходит утолщение стебля [28]. Максимальный диаметр стебля через 7 сут зафиксирован в варианте с применением гербицида в дозе 530 г/га. При этом его значение на 35 % превысило контроль. В то же время через 21 сут отмечено зависящее от дозы снижение диаметра стебля у обработанных растений (рис. 2, *В*). В вариантах с применением 0,53 и 5,3 г/га 2,4-Д достоверных отличий от необработанных растений не наблюдалось, хотя средние значения были ниже контроля. Диаметр стебля амброзии, обработанной гербицидом, при норме расхода 53 г/га был меньше на 27 %. Под действием гербицида в дозе 530 г/га через 21 сут произошло наиболее значительное (на 70 %) уменьшение диаметра стебля по сравнению с контролем. Его значение составило $0,59 \pm 0,057$ мм. При этом наблюдались растрескивание стебля, потеря тургора и засыхание растений.

Изменение содержания хлорофилла в листьях растений амброзии, обработанных 2,4-Д, представлено на рис. 2, *Д*. Установлено, что применение 2,4-Д в дозах 0,53 и 53 г/га на 7-е сутки привело к стимуляции биосинтеза хлорофилла. Через 7 сут после обработки гербицидом в максимальной дозе 530 г/га количество хлорофилла было на 20 % ниже по сравнению с его содержанием в контрольном варианте и на 26 % меньше, чем в других опытных вариантах. В дальнейшем (21-е сутки после обработки) при максимальной норме расхода было отмечено минимальное содержание хлорофилла – $13,89 \pm 1,064$ мкг/см², что в почти 2 раза меньше, чем у контрольных растений ($25,80 \pm 0,440$ мкг/см²). В остальных вариантах опыта (0,53 и 53 г/га) содержание хлорофилла не отличалось от контрольных показателей.

Следующим этапом нашей работы было исследование влияния клопиралида на морфофизиологические параметры амброзии. Как видно на рис. 3, *А*, высота растений, обработанных клопиралидом при норме расхода 0,461 и 46,1 г/га, не отличалась от высоты контрольных. А через 7 сут после обработки клопиралидом в максимальной дозе (461 г/га) отмечалось даже незначительное увеличение высоты по сравнению с контролем. Однако через 21 сут с момента обработки клопиралидом в дозах 46,1 и 461 г/га произошла достоверная задержка ростовых процессов. Так, высота растений амброзии, обработанных клопиралидом в дозах 46,1 и 461 г/га, была равной $9,97 \pm 0,699$ и $10,09 \pm 0,633$ см соответственно. А в контроле данный показатель составил $12,5 \pm 0,624$ см. Высота растений, обработанных клопиралидом в дозах 0,461 и 4,61 г/га, не отличалась от контроля (рис. 3, *А*).

Анализируя такой показатель, как количество листьев, следует отметить, что при обработке амброзии клопиралидом в дозе 0,461 г/га на 7-е сутки количество листьев было таким же, как у необработанных растений. В варианте с применением 4,61 г/га гербицида – на 15 % меньше по сравнению с контролем. В дозах 46,1 и 461 г/га клопиралид также негативно влиял на образование листьев у растений амброзии (рис. 3, *В*). Спустя 21 сут после обработки клопиралидом у всех вариантов наблюдалось ингибирование процесса образования листьев. При дозах гербицида 0,461 и 46,1 г/га к 21-м суткам эксперимента количество листьев было на 30–40 % меньше, чем в контроле. Максимальное ингибирование (листья не образовывались) отмечено в варианте с применением клопиралида в дозе 461 г/га.

Диаметр стебля в вариантах с использованием 0,461 и 4,61 г/га клопиралида снижался, при норме расхода 46,1 г/га не отличался от контроля, а при дозе 461 г/га превышал контрольные значения через 7 сут после обработки, что, возможно, связано с ауксин-подобным действием гербицида. Достоверных различий диаметра стебля контрольных и опытных растений амброзии через 21 сут после обработки гербицидом уже не наблюдалось (рис. 3, *С*).

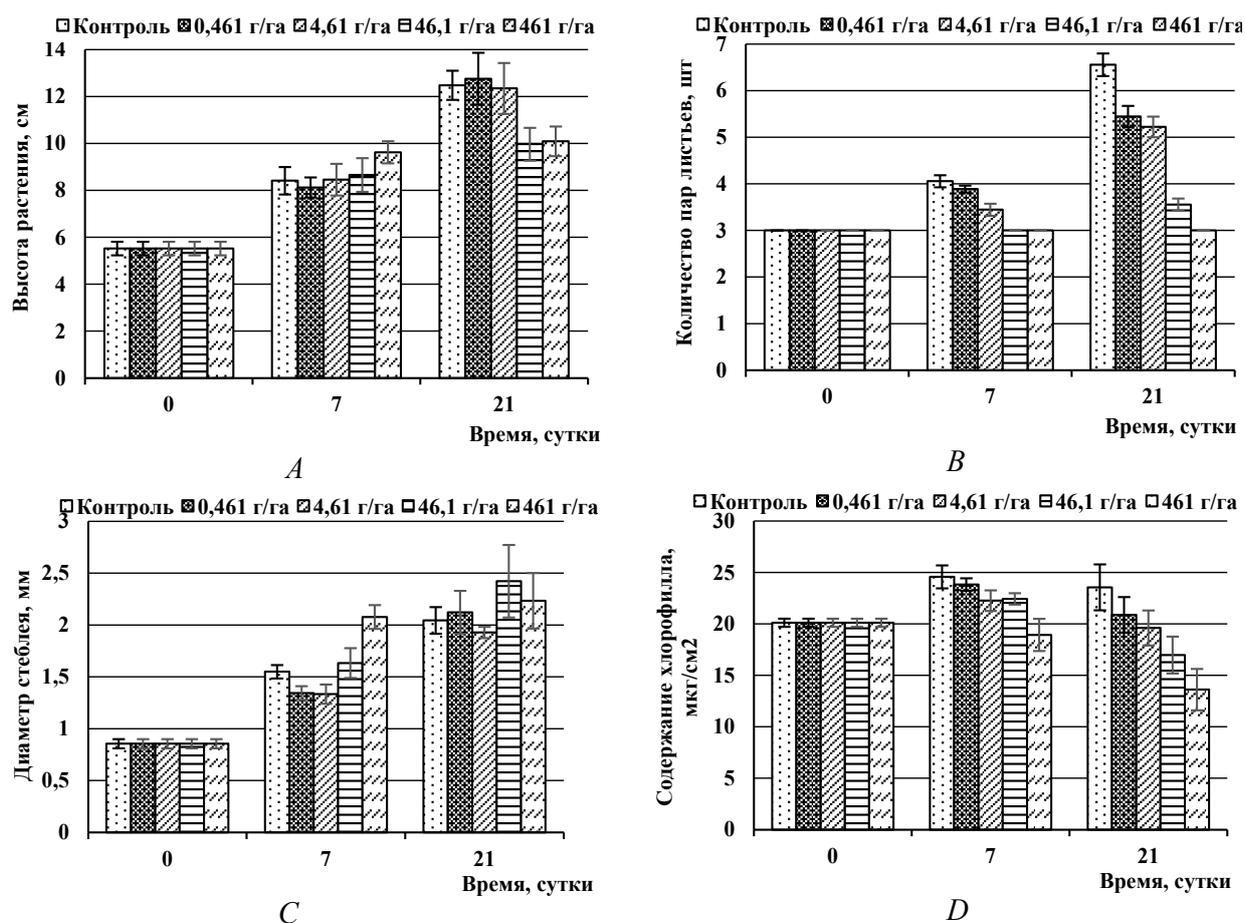


Рис. 3. Влияние клопиралида на высоту растений амброзии полыннолистной (A), образование листьев (B), диаметр стебля (C) и содержание хлорофилла (D) у амброзии полыннолистной

Fig. 3. The effect of clopyralid on the height of ragweed plants (A), leaf formation (B), stem diameter (C) and chlorophyll content (D) in *A. artemisiifolia*

В то же время содержание хлорофилла (рис. 3, D) под действием клопиралида снижалось по сравнению с контролем через 7 и 21 сут после обработки растений (особенно при высоких дозах гербицида – 46,1 и 461 г/га). Через 21 сут содержание хлорофилла в вариантах с использованием доз 46,1 и 461 г/га составило $16,97 \pm 1,789$ и $13,61 \pm 2,007$ мкг/см² соответственно, а в контроле было равным $23,56 \pm 2,225$ мкг/см². У растений остальных вариантов опыта количество хлорофилла достоверно не отличалось от контрольного показателя, хотя средние значения были ниже.

Далее было исследовано влияние глифосата на высоту, образование листьев, диаметр стебля и содержание хлорофилла в листьях растений амброзии полыннолистной (рис. 4).

Установлено, что высота, количество пар листьев и диаметр стебля растений при обработке глифосатом в дозах 0,406 и 40,6 г/га достоверно не отличались от контрольных показателей. Только содержание хлорофилла было ниже по сравнению с контролем при норме расхода гербицида 40,6 и 406 г/га на 7-е сутки и во всех вариантах опыта через 21 сут после обработки растений.

Существенный ингибирующий эффект на все исследованные показатели через 7 и 21 сут после обработки оказал глифосат лишь в дозе 406 г/га. Действие гербицида в данной концентрации привело к прекращению роста растений амброзии. Высота осталась на уровне данного параметра в момент обработки и составила в среднем около 5 см (рис. 4, A). Новые листья не образовывались (рис. 4, B), диаметр стебля не увеличивался (рис. 4, C). Снижение содержания хлорофилла у обработанных растений (глифосат 406 г/га) по сравнению с контролем составило около 40 % (рис. 4, D).

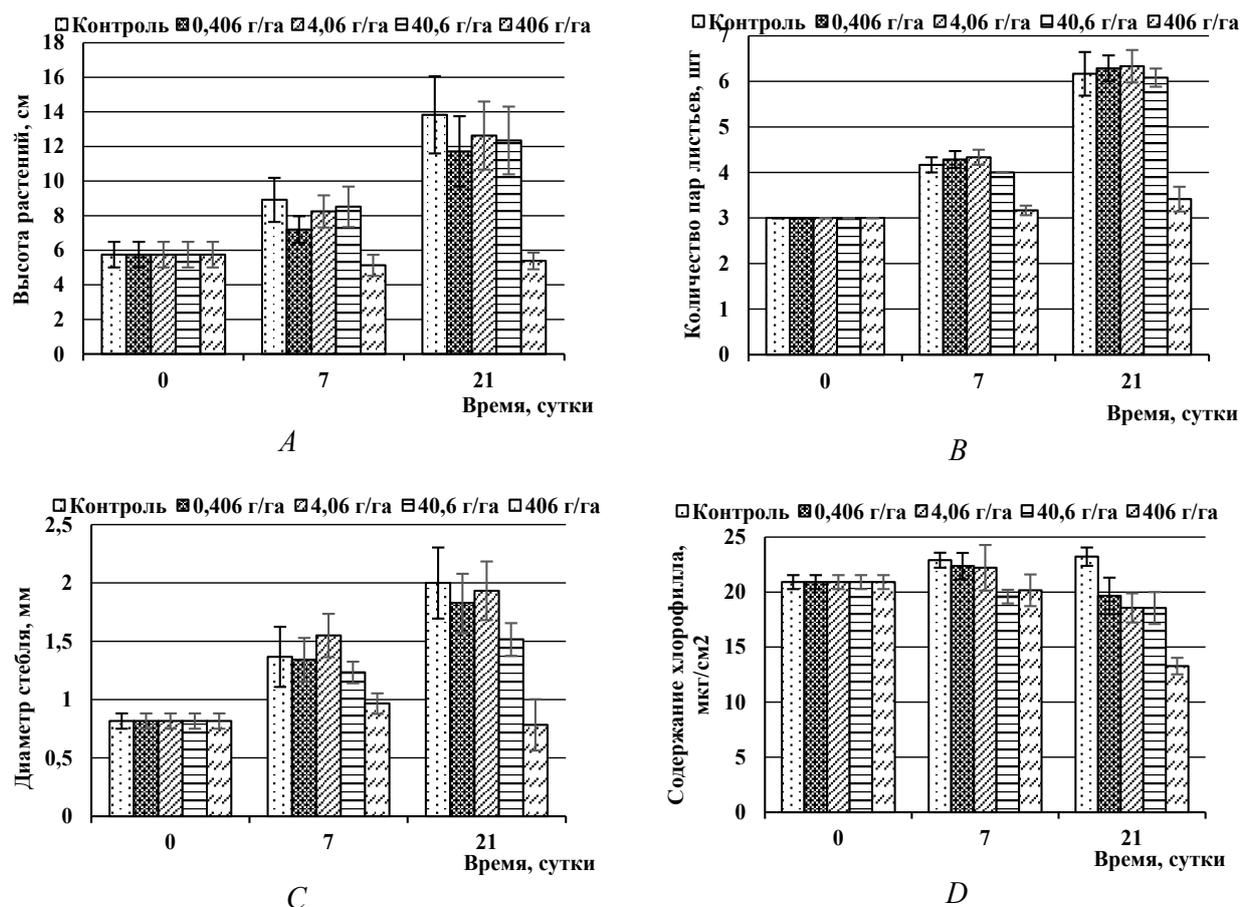


Рис. 4. Влияние глифосата на высоту растений амброзии полыннолистной (A), образование листьев (B), диаметр стебля (C) и содержание хлорофилла (D) у амброзии полыннолистной

Fig. 4. The effect of glyphosate on the height of ragweed plants (A), leaf formation (B), stem diameter (C) and chlorophyll content (D) in *A. artemisiifolia*

Анализ полученных данных показал, что из всех исследованных физиологических параметров только содержание хлорофилла на 7-е сутки изменялось в соответствии с ингибирующим действием гербицидов в определенных дозах. Кроме того, содержание хлорофилла определяли с использованием портативного прибора DUALEX, что позволило быстро оценить количество основных фотосинтетических пигментов в растении в полевых условиях и ускорить оценку эффективности действия гербицидов.

Заклучение. Установлено, что при обработке растений амброзии полыннолистной, имеющих три пары листьев, 2,4-Д, клопиралид и глифосат оказывали максимальный ингибирующий эффект на морфофизиологические параметры в дозах 530, 461 и 406 г/га соответственно. Биологическая эффективность гербицидов для 2,4-Д составила 86 %, для клопиралид – 83, для глифосата – 80 %. Таким образом, для подавления амброзии полыннолистной можно рекомендовать использование гербицидов из перечня разрешенных к применению на территории Республики Беларусь на основе действующих веществ: 2,4-Д, клопиралид и глифосат в дозах не менее 530, 461 и 406 г/га соответственно. Выявлено, что для ускорения и оптимизации процесса тестирования эффективности гербицидов против амброзии полыннолистной в условиях открытого грунта может быть использован экспресс-метод определения содержания хлорофилла портативным прибором флавонол-хлорофилломером DUALEX. Данный показатель позволит прогнозировать эффективность гербицидов уже на 7-е сутки после обработки, что существенно ускорит подбор препаратов и норм их расхода для подавления амброзии полыннолистной в полевых условиях.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотруднику кафедры ботаники биологического факультета БГУ канд. биол. наук, доценту Максиму Анатольевичу Джусу за идентификацию растений амброзии полыннолистной и помощь в сборе семенного материала.

Результаты были получены в рамках выполнения проекта «Оценить инвазионный потенциал и разработать способы предотвращения распространения *Ambrosia artemisiifolia* L. в различных регионах Беларуси» ОНТП «Интродукция, озеленение, экобезопасность» на 2016–2020 годы (подпрограмма «Противодействие экспансии чужеродных видов, организмов и патогенов, минимизация ущербов для природного разнообразия, экономики и здоровья человека») при поддержке Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (руководитель канд. биол. наук, доцент О. В. Молчан).

Acknowledgements. The authors are grateful to the employee of the Department of Botany of the Biological Faculty of BSU, Ph. D., Associate Professor Maxim Anatolyevich Dzhus for his help in identification of ragweed plants and assistance in collecting seed material.

The results were obtained in the framework of the project “Assess the invasive potential and develop ways to prevent the spread of *Ambrosia artemisiifolia* L. in various regions of Belarus”. Separate scientific and practical project “Introduction, gardening, environmental safety” for 2016–2020 (subprogram “Countering the expansion of alien species, organisms and pathogens, minimizing damage to natural diversity, the economy and human health”) with the support of the Ministry natural resources and environmental protection.

Список использованных источников

1. Растения-агрессоры. Инвазионные виды на территории Беларуси / Д. В. Дубовик [и др.]. – Минск : Беларус. энцыкл. імя Пётруся Броўкі, 2017. – 190 с.
2. Петрова, С. Е. Онтогенез карантинных инвазионных сорняков *Ambrosia artemisiifolia* L. и *A. trifida* L. (Asteraceae) в Московской области / С. Е. Петрова // Рос. журн. биол. инвазий. – 2019. – Т. 12, № 3. – С. 80–95.
3. Allelopathic potential of segetal and ruderal invasive alien plants / N. Novak [et al.] // J. Centr. Eur. Agricult. – 2018. – Vol. 19, N 2. – P. 408–422. <https://doi.org/10.5513/jcea01/19.2.2116>
4. Vidotto, F. Allelopathic effects of *Ambrosia artemisiifolia* L. in the invasive process / F. Vidotto, F. Tesio, A. Ferrero // Crop Protection. – 2013. – Vol. 54. – P. 161–167.
5. Prospects for biological control of *Ambrosia artemisiifolia* in Europe: learning from the past / E. Gerber [et al.] // Weed Res. – 2011. – Vol. 51, N 6. – P. 559–573. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2011.00879.x>
6. Мониторинг распространения *Ambrosia artemisiifolia* L. в луговых фитоценозах Кабардино-Балкарской Республики (Центральный Кавказ) / В. А. Чадаева [и др.] // Рос. журн. биол. инвазий. – 2018. – Т. 11, № 1. – С. 130–140.
7. Афонин, А. Н. Характеристика частоты встречаемости и обилия амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.) в связи с оценкой потенциала ее распространения на европейской территории России / А. Н. Афонин, Ю. А. Федорова, Ю. С. Ли // Рос. журн. биол. инвазий. – 2019. – Т. 12, № 2. – С. 30–38.
8. Priszter, S. Adventív gyomnövényeink terjedése / S. Priszter. – Budapest : Mezőgazdasági Kiadó, 1960. – 37 p.
9. Comtois, P. Ragweed (*Ambrosia* sp.): the phoenix of allergophytes / P. Comtois // 6th International Congress on Aerobiology. Satellite Symposium Proceedings: Ragweed in Europe. – Perugia, 1998. – P. 3–5.
10. Juha'sz, M. History of ragweed in Europe / M. Juha'sz // 6th International Congress on Aerobiology. Satellite Symposium Proceedings: Ragweed in Europe. – Perugia, 1998. – P. 11–14.
11. Rybnicek, O. Ambrosia (Ragweed) in Europe / O. Rybnicek, S. Jäger // Allergy Clin. Immunol. Int. – 2001. – Vol. 13, N 2. – P. 0060–0066. <https://doi.org/10.1027/0838-1925.13.2.60>
12. Couturier, P. Dispersion of ragweed in the Drome-Ardeche region / P. Couturier // Allergie Immunol. – 1992. – Vol. 24, N 1. – P. 27–31.
13. Jäger, S. Trends in Ambrosia pollen counts vs. RAST positivity in a Viennese population for the years 1984–1999 / S. Jäger, U. vcBerger // 2nd Eur. symp. aerobiol., Vienna 2000. Abstr. Vol. (ed. S. Jäger), M808. – Org. Comm., Vienna.
14. Seliger, A. K. Ragweed in Slovenia / A. K. Seliger // 6th International congress on aerobiology. Satellite symposium proceedings: Ragweed in Europe. – Perugia, 1998. – 39–41.
15. Логинов, В. Ф. Климатические условия Беларуси за период инструментальных наблюдений / В. Ф. Логинов // Наука и инновации. – 2016. – № 9. – С. 25–29.
16. Государственный кадастр растительного мира Республики Беларусь. Основы кадастра. Первичное обследование 2002–2017 гг. / О. М. Масловский [и др.] ; науч. ред. А. В. Пугачевский. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 597 с.
17. Гусев, А. П. Вторжение *Ambrosia artemisiifolia* L. в ландшафты юго-востока Беларуси / А. П. Гусев // Рос. журн. биол. инвазий. – 2019. – № 1. – С. 29–37.
18. Рекомендации по борьбе с амброзией полыннолистной / Н. Г. Осенний [и др.]. – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2019. – 39 с.
19. Glyphosate-resistant giant ragweed (*Ambrosia trifida*) control in dicamba-tolerant soybean / J. P. Vink [et al.] // Weed Technol. – 2012. – Vol. 26, N 3. – P. 422–428. <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00184.1>
20. 24-D past, present, and future : a review / M. A. Peterson [et al.] // Weed Technol. – 2016. – Vol. 30, N 2. – P. 303–345. <https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00131.1>
21. Ganie, Z. A. Interaction of 2,4-D or dicamba with glufosinate for control of glyphosate-resistant giant ragweed (*Ambrosia trifida* L.) in glufosinate-resistant maize (*Zea mays* L.) / Z. A. Ganie, A. J. Jhala // Front Plant Sci. – 2017. – Vol. 8. – Art. 1207. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01207>

22. Sölter, U. Combining cutting and herbicide application for *Ambrosia artemisiifolia* control / U. Sölter, S. Mathiassen, A. Verschwele // *Julius-Kühn-Archiv*. – 2016. – Vol. 452. – P. 210–216.
23. Glyphosate-resistant common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) control with postemergence herbicides and glyphosate dose response in Soybean in Ontario / A. C. van Wely [et al.] // *Weed Technol.* – 2015. – Vol. 29, N 3. – P. 380–389. <https://doi.org/10.1614/WT-D-14-00160.1>
24. A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids / Z. G. Cerovic [et al.] // *Physiol. Plantarum*. – 2012. – Vol. 146, N 3. – P. 251–260. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01639.x>
25. Попов, С. Я. Основы химической защиты растений / С. Я. Попов, Л. А. Дорожкина, В. А. Калинин. – М. : Арт-Лион, 2003. – 208 с.
26. Зинченко, В. А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность / В. А. Зинченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : КолосС, 2012. – 247 с.
27. Спиридонов, Ю. Я. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве : метод. рекомендации / Ю. Я. Спиридонов, Е. Г. Ларина, В. Г. Шестаков. – М. : Печатный Город, 2009. – 247 с.
28. Куликова, Н. Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения / Н. Ф. Куликова, Г. Ф. Лебедева. – М. : ЛИБРОКОМ, 2010. – 150 с.

References

1. Dubovik D. V., Lebed'ko V. N., Parfenov V. I., Savchuk S. S., Skuratovich A. N., Orsich O. I., Orlov A. A. *Plants are aggressors. Invasive species in Belarus*. Minsk, Belaruskaya Entsylapedyya Publ., 2017. 190 p. (in Russian).
2. Petrova S. E. Ontogenesis of quarantine invasive weeds *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. trifida* L. (Asteraceae) in the Moscow region. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii = Russian journal of biological invasions*, 2019, vol. 12, no. 3, pp. 80–95 (in Russian).
3. Novak N., Novak M., Barić K., Šćepanović M., Ivić D. Allelopathic potential of segetal and ruderal invasive alien plants. *Journal of Central European Agriculture*, 2018, vol. 19, no. 2, pp. 408–422. <https://doi.org/10.5513/jcea01/19.2.2116>
4. Vidotto F., Tesio F., Ferrero A. Allelopathic effects of *Ambrosia artemisiifolia* L. in the invasive process. *Crop Protection*, 2013, vol. 54, pp. 161–167.
5. Gerber E., Schaffner U., Gassmann A., Hinz HL., Seier M., Müller-Schärer H. Prospects for biological control of *Ambrosia artemisiifolia* in Europe: learning from the past. *Weed Research*, 2011, vol. 51, pp. 559–573. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2011.00879.x>
6. Chadaeva V. A., Shkhagapsoeva K. A., Tsepkova N. L., Shkhagapsoev S. Kh. Monitoring the distribution of *Ambrosia artemisiifolia* L. in meadow phytocenoses of the Kabardino-Balkarian Republic (Central Caucasus). *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii = Russian journal of biological invasions*, 2018, vol. 11, no. 1, pp. 130–140 (in Russian).
7. Afonin A. N., Fedorova Yu. A., Li Yu. S. Characterization of the frequency and abundance of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in connection with the assessment of its distribution potential in the European territory of Russia. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii = Russian journal of biological invasions*, 2019, vol. 12, no. 2, pp. 30–38 (in Russian).
8. Priszter, S. *Adventív gyomnövényeink terjedése*. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, 1960. 37 p.
9. Comtois P. Ragweed (*Ambrosia* sp.): the phoenix of allergophytes. *6th International Congress on Aerobiology. Satellite Symposium Proceedings: Ragweed in Europe*. Perugia, 1998, pp. 3–5.
10. Juha'sz M. History of ragweed in Europe. *6th International Congress on Aerobiology. Satellite Symposium Proceedings: Ragweed in Europe*. Perugia, 1998, pp. 11–14.
11. Rybnicek O., Jäger S. *Ambrosia* (Ragweed) in Europe. *Allergy and Clinical Immunology International – Journal of the World Allergy Organization*, 2001, vol. 13, no. 2, pp. 0060–0066. <https://doi.org/10.1027/0838-1925.13.2.60>
12. Couturier P. Dispersion of ragweed in the Drome-Ardeche region. *Allergy and Immunology*, 1992, vol. 24, no. 1, pp. 27–31.
13. Jäger S., Berger U. Trends in *Ambrosia* pollen counts vs. RAST positivity in a Viennese population for the years 1984–1999. 2nd Eur. symp. aerobiol., Vienna 2000. Abstr. vol. (ed. S. Jäger), M808, Org. Comm., Vienna.
14. Seliger A. K. Ragweed in Slovenia. *6th International congress on aerobiology. Satellite symposium proceedings: Ragweed in Europe*. Perugia, 1998, pp. 39–41.
15. Loginov V. F. Climatic conditions of Belarus for the period of instrumental observations. *Nauka i innovatsii* [Science and innovation], 2016, no. 9, pp. 25–29 (in Russian).
16. Maslovskii O. M., Levkovich A. V., Sysoi I. P., Kolesnikova M. P., Rodionov P. A., Chumakov L. S., Shimanovich R. V., Grigor'ev K. S., Giryayev A. S., Pugachevskii A. V. *The state cadastre of the plant world of the Republic of Belarus. Inventory basics. Initial examination of 2002–2017*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2019. 597 p. (in Russian).
17. Gusev A. P. Invasion of *Ambrosia artemisiifolia* L. in the landscapes of southeastern Belarus. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii = Russian journal of biological invasions*, 2019, no. 1, pp. 29–37 (in Russian).
18. Osennii N. G., An V. B., Nosik A. V., Pchel'nik O. A. *Recommendations for the control of ragweed*. Simferopol', Izdatel'stvo Tipografiya "Arial" Publ., 2019. 39 p. (in Russian).
19. Vink J. P., Soltani N., Robison D. E., Tardif F. J., Lawton M. B., Sikkema P. H. Glyphosate-resistant giant ragweed (*Ambrosia trifida*) control in dicamba-tolerant soybean. *Weed Technology*, 2012, vol. 26, no. 3, pp. 422–428. <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00184.1>

20. Peterson M. A., McMaster S. A., Riechers D. E., Skelton J., Stahlman P. W. 24-D past, present, and future : a review. *Weed Technology*, 2016, vol. 30, no. 2, pp. 303–345. <https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00131.1>
21. Ganie Z. A., Jhala A. J. Interaction of 2,4-D or dicamba with glufosinate for control of glyphosate-resistant Giant Ragweed (*Ambrosia trifida* L.) in glufosinate-resistant maize (*Zea mays* L.). *Frontiers in Plant Science*, 2017, vol. 8, art. 1207. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01207>
22. Sölter U., Mathiassen S., Verschwele A. Combining cutting and herbicide application for *Ambrosia artemisiifolia* control. *Julius-Kühn-Archiv*, 2016, vol. 452, pp. 210–216.
23. Van Wely A., Soltani N., Robinson D., Hooker D., Lawton M., Sikkema P. Glyphosate-resistant common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) control with postemergence herbicides and glyphosate dose response in Soybean in Ontario. *Weed Technology*, 2015, vol. 29, no. 3, pp. 380–389. <https://doi.org/10.1614/WT-D-14-00160.1>
24. Cerovic Z., Masdoumier G., Ghazlen N. B., Latouche G. A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. *Physiologia Plantarum*, 2012, vol. 146, no. 3, pp. 251–260. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01639.x>
25. Popov S. Ya., Dorozhkina L. A., Kalinin V. A. *Fundamentals of chemical plant protection*. Moscow, Art-Lion Publ., 2003. 208 p. (in Russian).
26. Zinchenko V. A. *Chemical protection of plants: tools, technology and environmental safety. 2nd ed.* Moscow, KolosS Publ., 2012. 247 p. (in Russian).
27. Spiridonov Yu. Ya., Larina E. G., Shestakov V. G. *Guidelines for the study of herbicides used in crop production*. Moscow, Pechatnyi Gorod Publ., 2009. 247 p. (in Russian).
28. Kulikova N. F., Lebedeva G. F. *Herbicides and environmental aspects of their use*. Moscow, LIBROKOM Publ., 2010. 150 p. (in Russian).

Информация об авторах

Скуратович Татьяна Александровна – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: tskuratovich@yandex.ru

Павлютина Нина Борисовна – мл. науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь).

Молчан Ольга Викторовна – канд. биол. наук, доцент. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: olga_molchan@mail.ru

Information about the authors

Tatyana A. Skuratovich – Ph. D. (Biol.), Senior Researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tskuratovich@yandex.ru

Nina B. Pavlyutina – Junior Researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus).

Olga V. Molchan – Ph. D. (Biol.), Assistant Professor. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: olga_molchan@mail.ru