

УДК 632.954:631.8.022.3:582.661.21(470.0)

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-395-06-133-138

В.Д. Бочкарев ✉

В.В. Волгин

А.В. Ивойлов

А.С. Пыресеv

И.В. Шахин

Национальный исследовательский
Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарёва,
Саранск, Россия

✉ aln1k1986@yandex.ru

Поступила в редакцию: 10.02.2025

Одобрена после рецензирования: 09.05.2025

Принята к публикации: 24.05.2025

© Бочкарев В.Д., Волгин В.В., Ивойлов А.В.,
Пыресеv А.С., Шахин И.В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-395-06-133-138

Vladimir D. Bochkarev ✉

Viktor V. Volgin

Alexander V. Ivoilov

Alexander S. Piresev

Igor V. Shakhin

Ogarev Mordovia State University,
Saransk, Russia

✉ aln1k1986@yandex.ru

Received by the editorial office: 10.02.2025

Accepted in revised: 09.05.2025

Accepted for publication: 24.05.2025

© Bochkarev V.D., Volgin V.V., Ivoilov A.V.,
Piresev A.S., Shakhin I.V.

Совершенствование технологии возделывания амаранта на зерно и зеленую массу в условиях юга Нечерноземной зоны

РЕЗЮМЕ

В полевом двухфакторном опыте на черноземе выщелоченном среднесуглинистом в условиях юга Нечерноземной зоны России была проведена оценка эффективности комплексного применения гербицидов и хелатного борного удобрения при возделывании амаранта (*Amaranthus L. sp.*) на зерно и зеленую массу. В качестве объекта исследования использовали сорт амаранта Воронежский 36. Установлено, что в посевах амаранта со сложным типом засоренности, включающем малолетние однодольные и двудольные сорные растения, а также многолетние корнеотпрысковые, наибольший биологический и агрономический эффект при наименьшем угнетении культурных растений установлен для гербицида Трейсер, КЭ (кломазон 480 л/га) в дозе 0,3 л/га, от применения которого численность и масса сорняков снижались на 91% и 93% соответственно, а сбор зерна увеличивался по сравнению с контролем на 0,35 т/га, зеленой массы — на 5,4 т/га. Использование баковой смеси гербицидов Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ уменьшало засоренность посева, но оказывало герботоксическое действие на растения амаранта и снижало их продуктивность. Обработка посева амаранта хелатным борным удобрением (150 г/л) купировала угнетающее действие гербицида Трейсер, КЭ, способствовала лучшему развитию растений и формированию дополнительного сбора зерна и зеленой массы. Наибольшую урожайность зерна амаранта (1,80 т/га) обеспечила комбинация Трейсер, КЭ 0,3 л/га + хелатное борное удобрение 2 л/га, зеленой массы (30,2 т/га) — сочетание Трейсер, КЭ 0,3 л/га + хелатное борное удобрение 3 л/га.

Ключевые слова: амарант, гербицид, хелатное борное удобрение, урожайность, засоренность

Для цитирования: Бочкарев В.Д., Волгин В.В., Ивойлов А.В., Пыресеv А.С., Шахин И.В. Совершенствование технологии возделывания амаранта на зерно и зеленую массу в условиях юга Нечерноземной зоны. *Аграрная наука*. 2025; 395(06): 133–138. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-395-06-133-138>

Improving the technology of amaranth cultivation for grain and green mass in the conditions of the southern Non-Chernozem zone

ABSTRACT

In a two-factor field experiment on leached medium-loamy chernozem in the conditions of the south of the Non-Chernozem zone of Russia, an assessment was made of the effectiveness of the complex use of herbicides and chelated boron fertilizer in the cultivation of amaranth (*Amaranthus L. sp.*) for grain and green mass. The amaranth variety Voronezhsky 36 was used as the object of the study. It was found that in amaranth crops with a complex type of weed infestation, including annual monocotyledonous and dicotyledonous weeds, as well as perennial root-suckering weeds, the greatest biological and agronomic effect with the least suppression of cultivated plants was established for the herbicide Traser (clomazone 480 l/ha) at a dose of 0,3 l/ha, from the use of which the number and weight of weeds decreased by 91 and 93%, respectively, and the grain harvest increased compared to the control by 0,35 t/ha, green mass — by 5,4 t/ha. The use of a tank mixture of herbicides Demetra + Quickstep reduced the weed infestation of the crop, but had a herbotoxic effect on amaranth plants and reduced their productivity. Treatment of amaranth crops with chelated boron fertilizer (150 g/l) suppressed the inhibitory effect of the herbicide Tracer, contributed to better plant development and the formation of additional grain and green mass. The highest yield of amaranth grain (1,80 t/ha) was provided by the combination of Traser 0,3 l/ha + chelated boron fertilizer 2 l/ha, green mass (30,2 t/ha) — the combination of Traser 0,3 l/ha + chelated boron fertilizer 3 l/ha.

Key words: amaranth, herbicide, chelated boric fertilizer, yield, contamination

For citation: Bochkarev V.D., Volgin V.V., Ivoilov A.V., Piresev A.S., Shakhin I.V. Improving the technology of amaranth cultivation for grain and green mass in the conditions of the southern Non-Chernozem zone. *Agrarian science*. 2025; 395(06): 133–138 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-395-06-133-138>

Введение/Introduction

В мировом земледелии амарант (*Amaranthus L. sp.*) является одной из древнейших культур. История начала его культивирования связана с племенами ацтеков и майя, возделывавших его в тропических и субтропических районах Южной Америки более 8000 лет назад [1, 2].

Распространение амаранта в России связано с именем Н.И. Вавилова после его экспедиции по странам Латинской Америки в 1930 г., который из-за высокой продуктивности и устойчивости к неблагоприятным воздействиям предложил включить амарант в число растений, подлежащих незамедлительному широкому внедрению в культуру в СССР [3]. Внимание к этому псевдозлаку обусловлено рядом его неоспоримых преимуществ. Зерно амаранта богато протеином (до 20%), а его качество приравнивается к идеальному белку. В амаранте содержатся до 10% полезных жиров, из которых около 8% занимают производные три-терпенового ряда (сквалены), ценность которых как иммуномодуляторов и антиоксидантов признана во всем мире [4–7].

Амарант обладает исключительной экологической пластичностью и может произрастать в различных климатических условиях. При сложившейся зерновой специализации севооборотов его возделывание будет способствовать увеличению биоразнообразия агрофитоценозов и их фитосанитарной стабилизации.

При универсальности использования и высоком спросе на продукцию площади, занятые этой культурой в Российской Федерации, составляют не более 60 тыс. га и сосредоточены в основном в Ростовской и Челябинской областях, Алтайском и Краснодарском краях. Одно из препятствий расширения посевных площадей под амарант — недостаточная изученность элементов технологии возделывания, в особенности вопросов, связанных с защитой культуры от сорняков. В начальный период развития амарант в связи с низкой конкурентоспособностью испытывает негативное воздействие со стороны сеgetалов. На сегодняшний день в России нет ни одного гербицида, зарегистрированного на культуре, что значительно осложняет процесс ее возделывания.

Поиску гербицидов на посевах амаранта в условиях юга Нечерноземья посвящен ряд исследований. В работах М.О. Наумова с соавт. изучался вопрос применения граминицида Миура, КЭ (хизалофоп-П-этил 125 г/л) какотдельно, так в комплексе с Торнадо 500, ВР (глифосат (изопропиламинная соль) 500 г/л) [8–11]. Установлена высокая эффективность от применения в фазу 3–4 настоящих листьев баковой смеси препаратов клопиралда, галоксифоп-Р-метила и клетодима¹.

В то же время продуктивность культуры может быть увеличена при использовании других элементов технологии. Так, многими исследователями отмечено положительное влияние листовых обработок бором на урожайность и качество растениеводческой продукции [12–15]. На амаранте подобных исследований не проводили.

Цели исследования — оценка возможности комплексного применения гербицидов и борного удобрения, определение их биологической и хозяйственной эффективности на посевах амаранта в условиях юга Нечерноземной зоны.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Полевой опыт по оценке биологической и хозяйственной эффективности комплексного применения гербицидов и борного удобрения был проведен в 2023–2024 гг. на территории ООО «Меддаевское» (Чамзинский р-н, Республика Мордовия).

Двухфакторный опыт был заложен методом расщепленных делянок в 4-кратной повторности.

Фактор А: 1) без гербицидов (контроль); 2) Трейсер, КЭ (кломазон, 480 г/л) 0,3 л/га; 3) Де-метра, КЭ (флуороксибир, 350 г/л) 0,5 л/га + Квик-степ, МКЭ (галоксифоп-Р-метил 80 г/л, клетодим 130 г/л) 0,5 л/га.

Фактор Б: 1) без борного удобрения (контроль); 2–4) борное удобрение (150 г/л) в норме 1 л/га, 2 л/га и 3 л/га.

Гербициды, используемые в опыте российского производства (АО «Август»). Борное удобрение в хелатной форме (борэтанолламин) синтезировано в ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» (г. Саранск). За три дня до посева семена обрабатывали 0,2%-ным раствором хелата меди (150 г/л). Фооновые средства защиты и удобрения в опыте не использовали.

Площадь опытной делянки 1-го порядка — 1200 м², 2-го порядка — 300 м² (25 × 12 м), учетной делянки — 80 м² (уборка на зеленую массу) + 80 м² (уборка на семена).

Почва опытного участка — чернозем выщелоченный среднесуглинистый, содержание гумуса (по Тюрину)² — 5,7–5,9%, P₂O₅ и K₂O (по Кирсанову)³ — 119–126 мг/кг и 134–142 мг/кг соответственно, pH водной вытяжки⁴ — 5,6–5,8.

Гидротермический коэффициент (ГТК) по месяцам вегетации в 2023 г. изменялся от 1,01 до 2,05, в 2024-м — от 0,49 до 1,02. Изучаемый в опыте сорт амаранта Воронежский 36 внесен в реестр селекционных достижений с допуском к возделыванию в 7-м (Средневолжском) регионе, является перспективным для возделывания на территории юга Нечерноземной зоны⁵.

¹ Бочкарев В.Д. Патент № 2821019 С1 Российская Федерация, МПК A01N 33/06, A01N 33/08, A01N 37/10. Способ борьбы с сорняками в посевах амаранта метельчатого: № 2023122861. Оpubл. 17.06.2024. EDN RUSRXR

² ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.

³ ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

⁴ ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.

⁵ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию [электронный ресурс]. Поиск по реестру (gossortrf.ru).

Видовой состав и количество сорняков определяли на учетных площадках 0,25 м² в 10-кратной повторности перед обработкой посевов гербицидами, через 15, 30, 45 дней после обработки и перед уборкой культуры на зерно. Массу сорняков определяли перед уборкой количественно-весовым способом⁶.

Гербицидную обработку проводили в фазу 3–4 настоящих листьев амаранта, борное удобрение применяли в фазу бутонизации — начала цветения. Уборку зеленой массы проводили в фазу молочно-восковой спелости зерна. Зерно убирали при наступлении влажности 14%. Структуру урожая определяли согласно Методике государственного сортоиспытания⁷.

Статистическая обработка данных проведена при помощи пакетов AgroR и ExpDes языка программирования R методом фиксированных эффектов рендомизированного блочного плана (randomized block design). Анализ средней урожайности выполнен методом обобщенной линейной модели с равными весами факторов (GLM). Обобщенная линейная модель (GLM) для двухфакторного опыта представлена в следующем виде:

$$X_{ij} = \mu + a_i + b_j + ab_{ij}, \quad (1)$$

где X_{ij} — значение отдельного признака в опыте, μ — общее среднее (базовое) значение признака, a_i — воздействие уровня i фактора А, b_j — воздействие уровня j фактора В, ab_{ij} — дополнительное воздействие комбинации уровней i и j взаимодействия факторов АВ.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Одним из факторов, снижающих продуктивность культуры, выступает засоренность посевов, особенно в гербокритический период — в начале его роста и развития.

Анализ спектра сорных растений опытного участка в посевах амаранта перед обработкой гербицидами выявил, что в структуре фитоценоза из монокарпиков преобладали как однодольные мятликовые (*Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult, *Setaria viridis* (L.) P. Beauv., *Echino-chloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Avena fatua* L.), так и двудольные (*Chenopodium album* L., *Galium aparine* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Amaranthus retroflexus* L.). Из поликарпиков значительное распространение имел *Convolvulus arvensis* L. Реже встречались *Cirsium setosum* (Willd.) Besser и *Sonchus arvensis* L. Многообразие отмеченных видов говорит о сложном типе засоренности посевов амаранта, формирующемся в условиях юга Нечерноземной зоны.

К моменту применения гербицидов численность малолетних однодольных сорняков в среднем составляла 27 шт/м², малолетних двудольных — 34 шт/м², многолетних двудольных — 9 шт/м². К 15-му дню наблюдений численность малолетних однодольных при использовании гербицида Трейсер, КЭ снижалась на 58% (28 шт/м²), двудольных — на 56% (табл. 1).

Биологический эффект в отношении однодольных от применения баковой смеси Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ был выражен сильнее и составлял 73% (35 шт/м²), плотность малолетних двудольных снижалась на 45% (28 шт/м²).

Технологический эффект в снижении численности многолетних сорных видов к этому периоду

Таблица 1. Биологическая эффективность применения гербицидов и борного удобрения на посевах амаранта (в среднем за 2023–2024 гг.)

Table 1. Biological efficiency of herbicide and boron fertilizer application on amaranth crops (average for 2023–2024)

Фактор А (гербицид)	Фактор В (борное удобрение)	Численность сорняков после обработки, шт.								Масса сорных растений перед уборкой	
		через 15 дней		через 30 дней		через 45 дней		перед уборкой		малолетние	многолетние
		малолетние	многолетние	малолетние	многолетние	малолетние	многолетние	малолетние	многолетние		
Без гербицида (контроль)	без удобрения	48* 62	12 12	56 68	13 13	67 72	13 13	63 62	13 13	105,2 163,1	83,8
	1 л/га	49 65	11 11	56 72	12 12	69 71	15 15	63 67	15 15	104,2 160,7	89,3
	2 л/га	44 62	13 13	52 71	14 14	67 75	14 14	61 70	14 14	101,1 159,5	86,4
	3 л/га	49 65	11 11	61 70	12 12	70 75	13 13	65 66	13 13	92,8 145,2	77,4
Трейсер, КЭ	без удобрения	20 27	11 11	8 12	9 9	6 6	3 3	10 12	7 7	5,2 15,8	14,3
	1 л/га	17 28	10 10	10 12	8 8	7 6	2 2	10 10	6 6	5,7 17,5	15,1
	2 л/га	19 26	9 9	11 10	7 7	8 5	3 3	12 9	6 6	3,8 12,9	13,7
	3 л/га	20 28	11 11	9 11	8 8	6 7	3 3	9 11	7 7	2,0 8,1	9,0
Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ	без удобрения	13 34	13 13	5 17	5 5	8 14	2 2	12 21	2 2	7,7 24,7	13,1
	1 л/га	11 33	10 10	5 18	6 6	9 16	3 3	15 20	4 4	7,1 23,0	10,7
	2 л/га	13 33	8 8	7 18	6 6	9 16	4 4	14 21	4 4	6,1 19,6	9,3
	3 л/га	14 34	10 10	6 16	4 4	8 17	4 4	13 19	4 4	3,8 14,2	9,1
НСР ₀₅ ч. р.		2,1 4,7	1,1 1,1	4,5 5,2	1,7 1,7	4,1 5,3	1,5 1,5	3,9 4,5	1,1 1,1	6,22 8,86	3,27

Примечание: *над чертой — однодольные, под чертой — двудольные.

⁶ Методические рекомендации по проведению регистрационных испытаний гербицидов. СПб.: ФГБНУ ВИЗР. 2020; 80.

⁷ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / Под ред. М.А. Федина. Москва. 1989; 194.

наблюдений был выражен слабо. К 30-му дню наблюдений на варианте с Трейсер, КЭ обилие мятликовых снижалось на 79% (44 шт/м²), двудольных малолетников — на 82% (56 шт/м²), на варианте с баковой смесью Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ — на 91% и 75% соответственно. Количество многолетних сорных растений при обработке амаранта гербицидом Трейсер, КЭ было меньше на 46% (6 шт/м²), баковой смесью Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ — на 62% (8 шт/м²).

На 45-й день после применения гербицидов закономерность действия сохранялась, а эффект от их применения был максимальным. В среднем на Трейсер, КЭ плотность популяции малолетних сорняков снижалась на 91% (127 шт/м²), многолетних — на 77% (10 шт/м²), на Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ малолетних — на 84% (117 шт/м²), многолетних — на 85% (11 шт/м²). Перед уборкой закономерность сохранялась. Влияние внесения возрастающих доз хелатного борного удобрения на численность сорняков во все периоды учета было статистически незначимым.

В гербологических исследованиях для оценки эффективности гербицидов большое значение имеет эффект в отношении биомассы сорных растений. Применение гербицида Трейсер, КЭ снижало данный показатель в среднем по фону удобрения по малолетним сорным растениям на 93%, по многолетним — на 84%. При внесении Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ масса малолетних сорняков снижалась на 90%, многолетних — на 88%. Использование борного удобрения выступало в качестве фитоценотического метода угнетения сорных растений. Наибольший эффект в снижении массы отмечался при комплексном применении гербицидов и удобрения в дозе 3 л/га: на Трейсер, КЭ уменьшение составило 95%, на Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ — на 92% к контролю, в то время как на аналогичных вариантах без борного удобрения биологический эффект составлял 90% и 87% соответственно.

Интегральным показателем оценки действия гербицидов и удобрений является урожайность амаранта. Установлено, что наибольшей она была при использовании Трейсер, КЭ. Прибавка зерна по сравнению с контрольным вариантом составляла 0,35 т/га (34%), зеленой массы — 5,4 т/га (39%) (табл. 2).

Применение Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ снижало урожайность зерна на 0,06 т/га (6%), зеленой массы — на 2,45 т/га (18%), что связано со значительным гербитоксическим

(угнетающим) действием в отношении культуры.

Применение хелатного борного удобрения достоверно увеличивало урожайность зерна и зеленой массы. На вариантах с Трейсер, КЭ в среднем за два года наибольший эффект был получен при внесении 2 л/га борного удобрения, прибавка урожайности зерна составила 0,42 т/га (31%). На фоне данного гербицида сбор зеленой массы был наибольшим, увеличение составляло до 11 т/га к абсолютному контролю. На фоне внесения баковой смеси Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ наибольшее увеличение урожайности зерна от применения хелатного борного удобрения было на варианте с нормой 2 л/га (0,26 т/га), зеленой массы — с нормой 3 л/га (2,8 т/га).

Обобщенная линейная модель (GLM) влияния гербицидов и борного удобрения на продуктивность амаранта подтвердила ранее установленные тенденции.

Таблица 2. Влияние гербицида и борного удобрения на продуктивность амаранта, т/га

Table 2. Effect of herbicide and boron fertilizer on amaranth productivity, t/ha

Вариант		Урожайность, т/га					
		зерна			зеленой массы		
Гербицид (фактор А)	Борное удобрение (фактор В)	2023 г.	2024 г.	Среднее за два года	2023 г.	2024 г.	Среднее за два года
Без гербицида (контроль)	Без удобрения	1,10	0,93	1,02	16,1	11,6	13,8
	1 л/га	1,21	1,12	1,17	21,6	13,4	17,5
	2 л/га	1,42	1,31	1,37	24,6	15,3	19,9
	3 л/га	1,20	1,12	1,16	27,1	17,2	22,2
Трейсер, КЭ	Без удобрения	1,51	1,22	1,37	21,2	17,4	19,3
	1 л/га	1,66	1,33	1,50	25,4	19,1	22,2
	2 л/га	2,15	1,45	1,80	31,9	21,2	26,6
	3 л/га	1,89	1,36	1,63	36,2	24,2	30,2
Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ	Без удобрения	1,01	0,91	0,96	12,3	10,5	11,4
	1 л/га	1,21	0,98	1,10	15,0	11,4	13,2
	2 л/га	1,35	1,21	1,28	16,7	14,3	15,5
	3 л/га	1,29	1,11	1,20	17,8	15,6	16,7
Среднее по фактору А							
Без гербицида		1,23 ^b	1,12 ^b		22,3 ^b	14,4 ^b	
Трейсер, КЭ		1,80 ^a	1,34 ^a		28,7 ^a	20,5 ^a	
Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ		1,22 ^b	1,05 ^b		15,5 ^c	13,0 ^b	
Среднее по фактору В							
Без удобрения		1,20 ^c	1,02 ^c		16,5 ^d	13,2 ^d	
1 л/га		1,36 ^{bc}	1,14 ^b		20,7 ^c	14,6 ^c	
2 л/га		1,64 ^a	1,32 ^a		24,4 ^b	16,9 ^b	
3 л/га		1,46 ^b	1,20 ^b		27,1 ^a	19,0 ^a	
НСР ₀₅ ч. р.		0,27	0,20		1,4	0,8	

Примечание: значения главных эффектов с различными индексами достоверно различаются между собой на уровне $p \leq 0,05$, Fisherposthoc test.

Таблица 3. Обобщенная линейная модель влияния гербицидов и борных удобрений на урожайность зерна и зеленой массы амаранта — среднее за 2023–2024 гг. (т/га)

Table 3. Generalized linear model of the effect of herbicides and boric fertilizers on the yield of grain and green mass of amaranth — average for 2023–2024 (t/ha)

Главные эффекты и взаимодействия	Зерно	Зеленая масса
Без гербицида × без удобрения	1,02	13,9
Трейсер, КЭ (A1)	0,35*	5,4*
Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ (A2)	-0,06	-2,4*
Бор 1 л/га (B1)	0,15*	3,6*
Бор 2 л/га (B2)	0,35*	6,1*
Бор 3 л/га (B3)	0,14*	8,3*
A1 × B1	-0,02	-0,7
A1 × B2	0,08	1,2*
A1 × B3	0,12*	2,7*
A2 × B1	-0,02	-1,9*
A2 × B2	-0,03	-1,9*
A2 × B3	0,10	-3,0*

Примечание: * коэффициенты модели главных эффектов и взаимодействий значимы на уровне $p = \leq 0,05$, Fisherposthoc test.

В среднем прибавка урожайности зерна амаранта от применения гербицида Трейсер, КЭ составила 35%, от внесения баковой смеси Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ незначимо снижала продуктивность культуры. Формирование зеленой массы культурой при использовании Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ достоверно снижалось, а на вариантах с применением Трейсер, КЭ — увеличивалось (на 38%).

Достоверное увеличение урожайности зерна и зеленой массы установлено при использовании борного удобрения в норме 2 л/га и 3 л/га. Положительные эффекты взаимодействия выявлены при внесении удобрений на фоне применения

гербицида Трейсер, КЭ, отрицательные — на фоне использования баковой смеси Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ.

Выводы/Conclusions

Исследованиями установлено, что в условиях юга Нечерноземной зоны России в посевах амаранта со сложным типом засоренности, включающим малолетние однодольные и двудольные сорные растения, а также многолетние корнеотпрысковые, наибольший биологический эффект при наименьшей герботоксичности установлен для гербицида Трейсер, КЭ (кломазон 480 л/га) в дозе 0,3 л/га. От его применения численность и масса сорняков снижались на 91% и 93% соответственно, а урожайность зерна увеличивалась по сравнению с контролем на 0,35 т/га, зеленой массы — на 5,4 т/га.

Использование баковой смеси гербицидов Деметра, КЭ + Квикстеп, МКЭ уменьшало засоренность посева, но оказывало угнетающее (герботоксическое) действие на растения амаранта и снижало их продуктивность.

Обработка посева амаранта хелатным борным удобрением в дополнение гербициду Трейсер, КЭ купировала его угнетающее действие и обеспечивала дополнительный сбор зерна и зеленой массы. Наибольшую урожайность зерна амаранта (1,80 т/га) обеспечила комбинация Трейсер, КЭ 0,3 л/га + хелатное борное удобрение 2 л/га, зеленой массы (30,2 т/га) — сочетание Крейсер, КЭ 0,3 л/га + хелатное борное удобрение 3 л/га.

Впервые на черноземе выщелоченном средне-суглинистом юга Нечерноземья экспериментально обосновано совместное применение гербицида Трейсер, КЭ и хелатного борного удобрения для создания высокопродуктивных посевов амаранта сорта Воронежский 36.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда по проекту № 24-76-00047. <https://rscf.ru/project/24-76-00047/>

FUNDING

This research was funded by Russian Science Foundation under Project No. 24-76-00047. <https://rscf.ru/project/24-76-00047/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Casini P., Biancofiore G. Palchetti E. Mechanical weed control strategies for grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). *Agronomy Research*. 2022; 20(1): 73–90. <https://doi.org/10.15159/AR.22.018>
- Kudsk P., Taberner A., de Troiani R.M., Sánchez T.M., Mathiassen S.K. Herbicide tolerance and seed survival of grain amaranth (*Amaranthus* sp.). *Australian Journal of Crop Science*. 2012; 6(12): 1674–1680.
- Магомедов И.М., Чиркова Т.В. Амарант: прошлое, настоящее и будущее. *Успехи современного естествознания*. 2015; (1–7): 1108–1113. <https://elibrary.ru/twqhpp>
- Высочина Г.И. Амарант (*Amarantus* L.): химический состав и перспективы использования (обзор). *Химия растительного сырья*. 2013; (2): 5–14. <https://doi.org/10.14258/jcprm.1302005>

REFERENCES

- Casini P., Biancofiore G. Palchetti E. Mechanical weed control strategies for grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). *Agronomy Research*. 2022; 20(1): 73–90. <https://doi.org/10.15159/AR.22.018>
- Kudsk P., Taberner A., de Troiani R.M., Sánchez T.M., Mathiassen S.K. Herbicide tolerance and seed survival of grain amaranth (*Amaranthus* sp.). *Australian Journal of Crop Science*. 2012; 6(12): 1674–1680.
- Magomedov I.M., Chirkova T.V. Amaranth: past, present and future. *Advances in current natural sciences*. 2015; (1–7): 1108–1113 (in Russian). <https://elibrary.ru/twqhpp>
- Vysochina G.I. Amaranth (*Amarantus* L.): chemical composition and prospects of using (review). *Chemistry of plant raw material*. 2013; (2): 5–14 (in Russian). <https://doi.org/10.14258/jcprm.1302005>

5. Rastogi A., Shukla S. Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2013; 53(2): 109–125. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.517876>
6. Maurya N.K., Arya P. Amaranthus grain nutritional benefits: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018; 7(2): 2258–2262.
7. Nardo A.E., Suárez S., Quiroga A.V., Añón M.C. Amaranth as a Source of Antihypertensive Peptides. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 11: 578631. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.578631>
8. Наумов М.О., Бочкарев Д.В., Бочкарев В.Д., Письмарова С.А. Эффективность применения гербицида и органоминерального удобрения при возделывании амаранта. *Аграрный научный журнал*. 2018; (8): 26–31. <https://doi.org/10.28983/asj.v0i8.544>
9. Наумов М.О., Тюкина Е.В., Бочкарев Д.В., Смолин Н.В., Емельянов С.В., Солдатов Е.О. Совместное применение гербицида и органоминерального удобрения при возделывании амаранта на зерно. *Плодородие*. 2021; (1): 10–12. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.118.03>
10. Наумов М.О., Бочкарев Д.В., Смолин Н.В., Никольский А.Н., Емельянов С.В. Урожайность, содержание и вынос элементов минерального питания амарантом при использовании органоминерального удобрения и гербицида. *Агрохимический вестник*. 2020; (5): 41–44. <https://elibrary.ru/aaevup>
11. Наумов М.О., Бочкарев Д.В., Никольский А.Н., Бочкарев В.Д., Письмарова С.А. Эффективность системного применения гербицидов при возделывании амаранта на залежных землях. *Аграрный научный журнал*. 2019; (7): 23–27. <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i7pp23-27>
12. Фокин С.А., Куркова И.В. Влияние применения жидких удобрений на качественные показатели зерна сорта яровой пшеницы ДальГАУ 1. *Аграрная наука*. 2023; (9): 74–78. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-74-78>
13. Лыбенко Е.С., Хлопов А.А., Титова Е.Л. Изучение влияния хелатных форм меди, цинка и бора на семенную продуктивность масличного льна в условиях Кировской области. *Вестник аграрной науки*. 2023; (1): 87–92. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.1.87>
14. Galeriani T.M. et al. Calcium and Boron Fertilization Improves Soybean Photosynthetic Efficiency and Grain Yield. *Plants*. 2022; 11(21): 2937. <https://doi.org/10.3390/plants11212937>
15. Bodeerath S., Veeradittakit J., Jamjod S., Prom-U-Thai C. Applying Boron Fertilizer at Different Growth Stages Promotes Boron Uptake and Productivity in Rice. *Rice Science*. 2024; 31(6): 751–760. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2024.08.007>
5. Rastogi A., Shukla S. Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2013; 53(2): 109–125. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.517876>
6. Maurya N.K., Arya P. Amaranthus grain nutritional benefits: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018; 7(2): 2258–2262.
7. Nardo A.E., Suárez S., Quiroga A.V., Añón M.C. Amaranth as a Source of Antihypertensive Peptides. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 11: 578631. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.578631>
8. Naumov M.O., Bochkarev D.V., Bochkarev V.D., Pismarova S.A. Efficiency of the application of herbicide and organomineral fertilizer for amaranth cultivating. *Agrarian scientific journal*. 2018; (8): 26–31 (in Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.v0i8.544>
9. Naumov M.O., Tyukina E.V., Bochkarev D.V., Smolin N.V., Emelyanov S.V., Soldatov E.O. Complex application of a herbicide and an organomineral fertilizer under amaranth cultivation on grain. *Plodородie*. 2021; (1): 10–12 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.118.03>
10. Naumov M.O., Bochkarev D.V., Smolin N.V., Nikolsky A.N., Yemelyanov S.V. Yield, content and removal of mineral nutrients by amaranth when use fertilizer and herbicide. *Agrochemical Herald*. 2020; (5): 41–44 (in Russian). <https://elibrary.ru/aaevup>
11. Naumov M.O., Bochkarev D.V., Nikolsky A.N., Bochkarev V.D., Pismarova S.A. Efficiency of systemic application of herbicides in the growing of amaranth on protective lands. *Agrarian scientific journal*. 2019; (7): 23–27 (in Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i7pp23-27>
12. Fokin S.A., Kurkova I.V. Influence of the use of liquid fertilizers on the quality indicators of grain of the spring wheat variety DalGAU 1. *Agrarian science*. 2023; (9): 74–78 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-74-78>
13. Lybenko E.S., Khlopov A.A., Titova E.L. Study of the influence of chelated forms of copper, zinc and boron on the seed productivity of oilseed flax in the conditions of the Kirov region. *Bulletin of agrarian science*. 2023; (1): 87–92 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.1.87>
14. Galeriani T.M. et al. Calcium and Boron Fertilization Improves Soybean Photosynthetic Efficiency and Grain Yield. *Plants*. 2022; 11(21): 2937. <https://doi.org/10.3390/plants11212937>
15. Bodeerath S., Veeradittakit J., Jamjod S., Prom-U-Thai C. Applying Boron Fertilizer at Different Growth Stages Promotes Boron Uptake and Productivity in Rice. *Rice Science*. 2024; 31(6): 751–760. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2024.08.007>

ОБ АВТОРАХ

Владимир Дмитриевич Бочкарев

аспирант
aln1k1986@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0005-0893-4179>

Виктор Владимирович Волгин

кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник
kafedra_paz@agro.mrsu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0552-3084>

Александр Васильевич Ивойлов

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ivoilov.av@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5355-6251>

Александр Сергеевич Пыресеv

студент
alekpyresev@yandex.ru

Игорь Владимирович Шахин

аспирант
Igor.shahin@icloud.com

Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет им. Н.П. Огарёва,
ул. Большевикская, 68, Саранск, 430005, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Vladimir Dmitrievich Bochkarev

Graduate Student
aln1k1986@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0004-6751-7490>

Viktor Vladimirovich Volgin

Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher
kafedra_paz@agro.mrsu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0552-3084>

Alexander Vasilyevich Ivoilov

Doctor Agricultural Sciences, Professor
ivoilov.av@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5355-6251>

Alexander Sergeevich Pyresev

Student
alekpyresev@yandex.ru

Igor Vladimirovich Shakhin

Graduate Student
Igor.shahin@icloud.com

National Research Ogarev Mordovia State
University,
68 Bolshevistskaya Str., Saransk, 430005, Russia