

КРИТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД ВРЕДНОСТИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВАХ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ

Н. М. БЕЛОУСОВ

РУП «Институт защиты растений»,
аг. Прилуки, Республика Беларусь, 223011, e-mail: user3710@gmail.com

(Поступила в редакцию 05.10.2025)

Сорные растения в посевах моркови столовой являются одним из основных факторов, ограничивающих формирование урожайности корнеплодов. Для обоснования эффективных сроков контроля засорённости посевов в 2022–2024 гг. проведены полевые исследования на опытном поле РУП «Институт защиты растений» с целью установления критического периода вредности сорных растений и определения потерь урожайности моркови при различной продолжительности совместной вегетации с сорняками.

В ходе исследования в агроценозах моркови установлено произрастание 19 видов сорных растений, среди которых доминировали марь белая (*Chenopodium album* L.) и ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.). Общая численность и масса сорняков возрастала по мере увеличения продолжительности произрастания с культурой, что сопровождалось снижением урожайности корнеплодов. Начало критического периода вредности сорных растений соответствовало фазе 1–3 настоящих листьев моркови столовой (от 11 до 25 дней совместной вегетации). Позднее удаление сорняков, в фазе 4–6 листьев, приводило к снижению урожайности на 24,7–76,6 %, неконтролируемое произрастание сорных растений в течение всего периода вегетации моркови приводит к потерям 56,6–83,7 % корнеплодов. В среднем по годам потери урожайности увеличивались от 5,7 % до 72,7 % по мере удлинения периода совместной вегетации с сорными растениями. Обработка данных методом корреляционно-регрессионного анализа подтвердила наличие выраженной отрицательной зависимости между урожайностью корнеплодов и продолжительностью конкурентного воздействия сорных растений ($r = -0,960-0,994$; $R^2 = 92,2-98,7$ %). Уравнение линейной регрессии показало снижение урожайности на 4,43–7,20 ц/га при каждом дне задержки прополки, что подтверждает необходимость своевременного и комплексного контроля засорённости посевов.

Ключевые слова: морковь столовая, сорные растения, видовой состав, критический период, урожайность.

Weeds in carrot crops are one of the main factors limiting root crop yield. To substantiate effective weed control periods for crops, field studies were conducted in 2022–2024 at the experimental field of the Institute of Plant Protection, a state-owned enterprise, to establish the critical period of weed inferiority and determine carrot yield losses during varying periods of weed-associated growth.

During the study, 19 weed species were identified in carrot agroecosystems, the dominant ones being white goosefoot (*Chenopodium album* L.) and barnyard grass (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.). The total number and weight of weeds increased with increasing duration of co-growing with the crop, which was accompanied by a decrease in root crop yield. The onset of the critical period of weed damage corresponded to the 1–3 true leaf stage of table carrots (11 to 25 days into the co-growing season). Late weed removal, at the 4–6 leaf stage, resulted in a yield reduction of 24.7–76.6 %. Uncontrolled weed growth throughout the carrot growing season resulted in root crop losses of 56.6–83.7 %. On average, yield losses increased from 5.7 % to 72.7 % as the co-growing period with weeds lengthened. Data processing using correlation and regression analysis confirmed a significant negative relationship between root crop yield and the duration of weed competition ($r = -0.960-0.994$; $R^2 = 92.2-98.7$ %). The linear regression equation showed a yield reduction of 0.443–0.720 t/ha for each day of delayed weeding, confirming the need for timely and comprehensive weed control.

Key words: carrot, weeds, species composition, critical period, yield.

Введение

Морковь столовая является одной из приоритетных культур в структуре овощеводства Республики Беларусь. Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, в 2024 году возделывание моркови столовой в хозяйствах осуществлялась на площади 5063,0 га. Общий валовый сбор корнеплодов составил 248,8 тыс. тонн, при средней урожайности 465,0 ц/га. Корнеплоды моркови столовой отличаются высокой питательной ценностью и широким спектром применения в свежем виде, переработке и детском питании, что обеспечивает устойчивый внутренний спрос и экспортный потенциал культуры [1].

Учитывая сравнительно длительный вегетационный период и низкую конкурентоспособность на ранних этапах онтогенеза, морковь столовая весьма чувствительна к неблагоприятным факторам среды, в частности – к засорённости посевов [2]. По данным маршрутных обследований в агроценозах моркови столовой произрастает около 45 видов сорных растений, при средней численности 48,0 шт/м² [3]. Неконтролируемая засорённость существенно влияет на продуктивность культуры. При численности сорняков на уровне 6–10 шт/м² урожайность корнеплодов снижается на 4–5 т/га [4, 5, с. 162], а их качество на 3,3 мг % каротина, 1,73 % сухого вещества, 2,69 % суммы сахаров [5, с. 162]. С увеличением плотности сорных растений угнетающее воздействие усиливается, достигая потерь урожайности до 87,8–97,0 % [2, 5, с. 162].

В связи с этим одним из наиболее эффективных и научно обоснованных подходов в контроле сорной растительности является определение критического периода вредоносности – временного интервала, в течение которого сорные растения оказывают наибольшее отрицательное влияние на рост, развитие и формирование урожая корнеплодов.

По данным ряда исследователей (F. Tei, E. Pannacci, A. Cirujeda, и др.), минимальный период, в течение которого посевы моркови должны оставаться чистыми от сорняков, начинается с момента появления всходов и продолжается до достижения культурой 80 % покрытия поверхности почвы, что соответствует 1/3–1/2 длительности вегетационного периода [6]. Д. С. Акимов утверждает, что наибольшее влияние на развитие сорняки оказывают в фазу «вилочки» – до формирования 2–3 настоящих листьев моркови. Засорение в фазу 4–6 настоящих листьев приводит к снижению урожайности и накоплению питательных веществ в корнеплодах, удлиняя тем самым сроки созревания [4]. В своих исследованиях С. J. Swanton считает критическим уровнем засорённости, когда накопление вегетативной массы сорных растений достигает 650 г/м² [7].

Продолжительность критического периода вредоносности варьирует в зависимости от региона возделывания культуры: в условиях Московской области критический период для моркови столовой составляет 30–40 дней с момента появления всходов [8], в провинции Онтарио (Канада) данный период варьирует в пределах от 3 до 6 недель [7], в Сан-Лоренсо (Парагвай) – от 19 до 70 дней [9], в Гоянии (Бразилия) – от 22 до 31 дня [10].

В условиях Беларуси исследования по определению критического периода вредоносности сорных растений в посевах моркови столовой ранее не проводились, что свидетельствует об актуальности данной темы. Определение границ критического периода позволит своевременно планировать мероприятия по контролю сорной растительности, оптимизировать сроки применения гербицидов и других агротехнических приёмов, что обеспечит максимальную биологическую и экономическую эффективность возделывания моркови столовой.

Целью исследования является определение потерь урожайности моркови столовой от сорных растений и установление критического периода вредоносности в условиях Беларуси.

Основная часть

Исследования по определению критического периода вредоносности сорных растений проводились в 2022–2024 гг. на опытном поле РУП «Институт защиты растений» в посевах моркови столовой сорта Карлена (2022 г.) и гибрида Небида F1 (2023–2024 гг.). Агротехника возделывания моркови столовой соответствовала общепринятым требованиям для данной зоны.

Размер опытной делянки составлял 3 м², учётной – 1 м². Опыт закладывался в четырёхкратной повторности с рандомизированным размещением делянок [11]. Схема опыта включала контрольные варианты: с постоянной засорённостью и свободные от сорных растений на протяжении всего периода вегетации культуры. Сроки удаления сорных растений в результате наступления фазы развития моркови проводили вручную: в фазе вилочки, 1-го, 2-го, 3-го, 4-го, 5-го, 6-го настоящих листьев.

В ходе исследования устанавливался видовой состав сорных растений [12] и учитывалась их вегетативная масса. Определение критического периода вредоносности проводили путём сравнения достоверного снижения урожайности корнеплодов в вариантах с различной продолжительностью совместной вегетации моркови столовой с сорными растениями относительно контроля. Уборка урожая осуществлялась по делянкам вручную. Статистическую обработку полученных данных выполняли методом дисперсионного анализа [13].

Зависимость урожайности моркови столовой от продолжительности засорения посевов описывали с использованием уравнения линейной регрессии, рассчитанного в программной среде Microsoft Excel:

$$Y = A - B \times X,$$

где Y – урожайность моркови столовой при данной засорённости, ц/га; A – максимально возможная урожайность при полном отсутствии сорных растений в посевах, ц/га; X – количество дней совместной вегетации моркови столовой с сорными растениями; B – коэффициент вредоносности сорных растений, показывающий изменение урожайности культуры при увеличении периода совместного произрастания на один день.

Линейная функция является наиболее подходящей для выражения зависимости между уровнем засорённости посевов и урожайностью культуры. Она примерно с одинаковой степенью точности отражает связь между этими показателями и выгодно отличается от других математических моделей простотой вычислений и логической интерпретацией полученных результатов.

Относительный коэффициент вредоносности совокупности видов сорной растительности, который характеризует снижение потенциальной урожайности в процентах, определяли по формуле:

$$B_0 = \frac{B}{A} \times 100 \times R^2,$$

где B_0 – относительный коэффициент вредоносности сорных растений, %; R^2 – коэффициент детерминации.

Сорная растительность в посевах моркови столовой при проведении исследований была представлена следующими семействами и видами: Астровые (*Asteraceae* Dumort.): галинзога мелкоцветковая (*Galinsoga parviflora* Cav.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.), сушеница топяная (*Gnaphalium uliginosum* L.); Гречишные (*Polygonaceae* Juss.): горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), горец шероховатый (*Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre); Крестоцветные (*Brassicaceae* Burnet): жерушник болотный (*Rorippa palustris* (L.) Bess.), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.); Гвоздичные (*Caryophyllaceae* Juss.): звездчатка средняя (*Stellaria media* (L.) Vill.), торица полевая (*Spergula arvensis* L.); Маревые (*Chenopodiaceae* Vent.): марь белая (*Chenopodium album* L.); Злаковые (*Gramineae* Juss.): мятлик однолетний (*Poa annua* L.), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski); Яснотковые (*Lamiaceae* Lindl.): пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit* L.); Мареновые (*Rubiaceae* Juss.): подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.); Фиалковые (*Violaceae* Batsch): фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.).

Засорённость посевов характеризовалась преобладанием яровых сорных растений – 83,7–99,7 %, что обусловлено биологическими особенностями культуры. Зимующие однолетние сорняки составляли 0,2–16,8 %, многолетние – 0,1–0,4 % от общей численности сорных растений.

Анализ видового состава показал, что в течение вегетационных сезонов 2022 и 2024 гг. ведущее положение занимала марь белая, численность которой в посевах составляла 61,7 и 76,5 % от общего количества сорных растений, а доля в общей массе – 84,3 и 89,4 %. В 2022 г. заметную роль в формировании сорного ценоза занимала также галинзога мелкоцветковая, доля которой составляла 16,1 % по численности и 10,5 % по вегетативной массе. В 2023 г. в структуре засорённости преобладали подмаренник цепкий, марь белая и фиалка полевая численность которых достигала 3,2; 4,0 и 9,6 %, а масса 5,2; 30,3 и 7,7 %. Кроме того, в 2023 и 2024 гг. преобладающее значение в формировании засорённости посевов имел ежовник обыкновенный, численность которого составляла 78,4 и 22,2 %, а доля в массе сорной растительности – 53,8 и 10,2 % соответственно.

Динамика формирования численности в целом носит волнообразный характер, поскольку численность сорных растений увеличивается к фазе 4 листьев моркови столовой до 873,0–879,0 шт/м² в 2022 и 2024 гг., 102,0 шт/м² – в 2023 г., а за тем, за счет конкуренции и выпадения сорных видов отмечается снижение численности до 387,0–456,0 шт/м² (2022 и 2024 гг.). В условиях 2023 г. численность сорных растений на засоренных делянках возросла до 133,0 шт/м². Видно, что максимальное накопление численности сорных растений (практически 100 %) по годам исследований отмечалось к фазе 4 листьев моркови столовой (табл. 1).

Динамика формирования вегетативной массы у сорных растений постоянно увеличивалась: в 2022–2023 гг. от 20,0–34,4 г/м² в фазе вилочки до 975,0–1002,5 г/м² в фазу 4-го листа и 1685,5–1979,4 г/м² в фазу 5-го листа моркови столовой. Период накопления массы сорных растений также сильно зависел от условий окружающей среды, поскольку в 2023 г. формирование надземной массы на засоренных делянках составило только 3024,5 г/м². В целом доля массы, приходящейся на фазу 6-го листа моркови, составляет от 56,8 до 82,6 % из общей массы сорных растений в агроценозе (табл. 1).

Анализ урожайности корнеплодов моркови столовой на вариантах, свободных от сорных растений в течение всего периода вегетации (контроль), составила: у сорта Карлена – 309,7 ц/га, гибрида Небида F₁ – 611,7–617,8 ц/га. Удаление сорных растений в фазе «вилочки» вызывает колебания урожайности на уровне +6,2 % – 5,3 %. Прополка в фазе 1-го настоящего листа моркови (8–10 дней совместной вегетации) сопровождалась снижением урожайности на 1,3–13,0 %, в фазе 2–3 настоящих листьев (15–28 дней) – 5,0–44,5 %, в фазе 4–6 настоящих листьев (25–74 дня) – 24,7–76,6 %. Присутствие сорных растений в течение всего периода вегетации способствовало снижению урожайности корнеплодов на 56,6–83,7 % по сравнению с контролем. Соответственно, чем дольше сорные растения произрастают в посевах моркови столовой, тем выше потери урожайности (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность моркови столовой в зависимости от продолжительности конкурентного воздействия сорных растений (опытное поле РУП «Институт защиты растений»)

Фаза развития моркови	Совместная вегета- ция, дни	Количество сорняков, шт/м ²	Масса сорняков, г/м ²	Урожайность, ц/га	Потери урожайности, %
Сорт Карлена, 2022 г.					
1. Посевы чистые от сорняков (контроль)	–	–	–	309,7	–
2. С фазы вилочки	5	227,0	20,0	293,2	5,3
3. С фазы 1-го листа	10	490,0	124,4	269,3	13,0
4. С фазы 2-го листа	14	522,0	192,7	254,3	17,9
5. С фазы 3-го листа	19	847,0	405,5	252,1	18,6
6. С фазы 4-го листа	24	879,0	975,0	202,5	34,6
7. С фазы 5-го листа	38	796,0	1979,4	149,3	51,8
8. С фазы 6-го листа	52	483,0	3348,1	80,7	73,9
9. Засорённые весь сезон	132	387,0	5899,0	50,4	83,7
НСР ₀₅	67,15				
Начало критического периода	20 сутки после всходов				
Гибрид Небида F ₁ , 2023 г.					
1. Посевы чистые от сорняков (контроль)	–	–	–	617,8	–
2. С фазы вилочки	3	87,0	34,4	616,7	0,2
3. С фазы 1-го листа	9	101,0	36,4	609,5	1,3
4. С фазы 2-го листа	17	99,0	154,4	587,2	5,0
5. С фазы 3-го листа	22	78,0	335,4	562,3	9,0
6. С фазы 4-го листа	31	102,0	1002,5	465,3	24,7
7. С фазы 5-го листа	38	83,0	1685,5	380,8	38,4
8. С фазы 6-го листа	50	91,0	2491,0	346,6	43,9
9. Засорённые весь сезон	126	133,0	3024,5	268,4	56,6
НСР ₀₅	82,73				
Начало критического периода	25 сутки после всходов				
Гибрид Небида F ₁ , 2024 г.					
1. Посевы чистые от сорняков (контроль)	–	–	–	611,7	–
2. С фазы вилочки	5	781	696,7	649,7	+6,2
3. С фазы 1-го листа	8	775	762,0	572,9	6,3
4. С фазы 2-го листа	18	639	2158,0	462,6	24,4
5. С фазы 3-го листа	29	564	3490,8	339,7	44,5
6. С фазы 4-го листа	40	873	4276,9	286,0	53,2
7. С фазы 5-го листа	57	541	4628,0	182,6	70,1
8. С фазы 6-го листа	74	503	4357,0	143,1	76,6
9. Засорённые весь сезон	123	456	5273,0	101,7	83,4
НСР ₀₅	70,60				
Начало критического периода	11 сутки после всходов				

В среднем по годам потери урожайности в процентном соотношении составили: удаление сорных растений с фазы 1-го листа – 5,7 %, с фазы 2 листьев – 15,3 %, 3 листьев – 25,0 %, 4 листьев – 38,0 %, 5 листьев – 53,7 %, 6 листьев – 62,9 %, засорённые весь сезон делянки – 72,7 % (рис. 1).

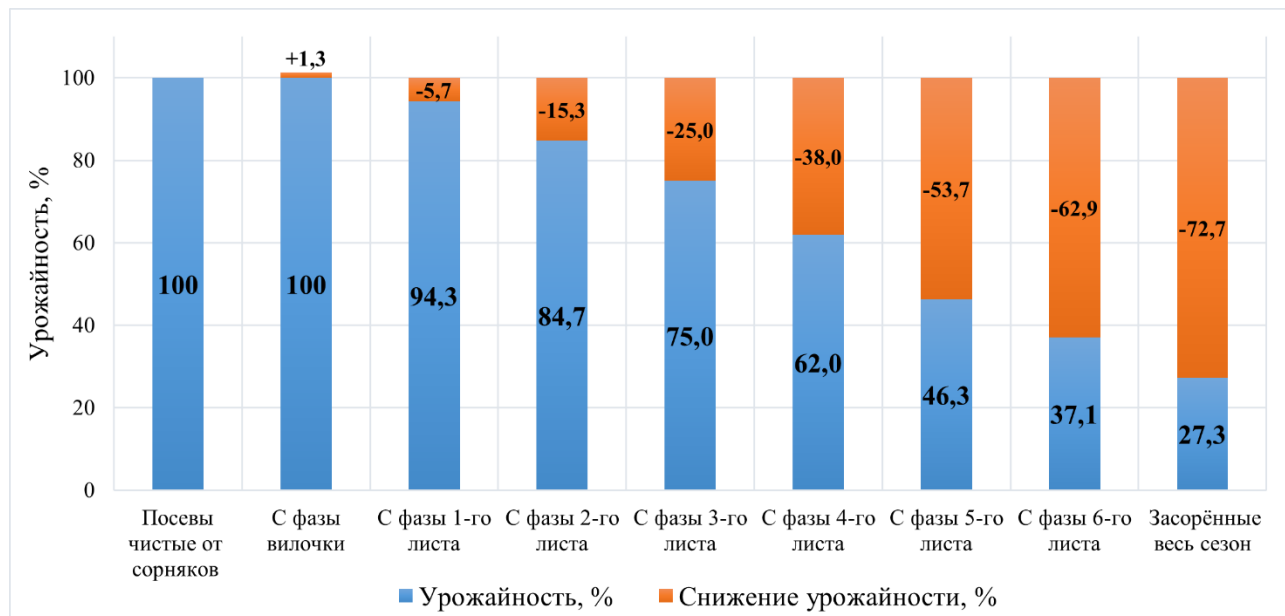


Рис. 1. Влияние продолжительности совместной вегетации сорных растений и моркови столовой на урожайность корнеплодов, в среднем за 2022–2024 гг.

Полученные экспериментальные данные обработаны методом корреляционно-регрессионного анализа, что подтверждает наличие устойчивой отрицательной зависимости между урожайностью моркови столовой и продолжительностью совместной вегетацией с сорными растениями (табл. 2). Установленная зависимость описывается уравнением линейной регрессии. Коэффициент корреляции за годы исследований варьировал от -0,960 до -0,994, что указывает на сильную обратную (отрицательную) связь между продолжительностью засорённости и урожайностью моркови (табл. 2).

Таблица 2. Зависимость урожайности моркови столовой от длительности совместной вегетации с сорными растениями (опытное поле, РУП «Институт защиты растений»)

Дата сева	Уравнение линейной регрессии $Y=A-BX$	Коэффициент корреляции (r)	Коэффициент детерминации (R^2)	Относительный коэффициент вредоносности, (B_0), %
Сорт Карлена, 2022 г.				
04.05.2022	$Y=316,3-4,43x$	-0,994	0,987	1,39
Гибрид Небида F ₁ , 2023 г.				
11.05.2023	$Y=651,9-6,05x$	-0,960	0,922	0,86
Гибрид Небида F ₁ , 2024 г.				
15.05.2024	$Y=614,0-7,20x$	-0,970	0,941	1,10

Коэффициент детерминации (R^2) показывает, что в 92,2–98,7 % изменчивость урожайности корнеплодов зависит от массы сорных растений и продолжительности присутствия их в посевах (табл. 2).

Согласно уравнению регрессии, сокращение периода произрастания сорняков в посевах моркови столовой на один день способствует увеличению урожайности корнеплодов на 4,43–7,20 ц/га. Относительный коэффициент вредоносности сорных растений (B_0) составил 0,86–1,39 % (табл. 2).

Заключение

Таким образом, в результате полевых исследований установлено, что начало критического периода вредоносности сорных растений составляет 11–25 дней с момента появления всходов моркови, что совпадает с фазой 1–3 настоящих листьев культуры. Позже данного периода (с фазы 2–4 настоящих листьев) урожайность существенно снижается на 24,7 %–34,6 % по сравнению с посевами чистыми от сорной растительности. Удаление сорных растений в фазе 5–6-го листа моркови приводило к снижению урожайности в некоторые годы от 38,4–43,9 % до 51,8–76,6 %. При полном отсутствии защитных мероприятий на протяжении всего вегетационного периода потери урожайности составили 56,6–83,7 %. В среднем по годам потери составили: удаление сорных растений с фазы 1-го листа – 5,7 %, 2 листьев – 15,3 %, с фазы 3 листьев – 25,0 %, 4 листьев – 38,0 %, 5 листьев – 53,7 %, 6 листьев – 62,9 %, засоренные весь сезон делянки – 72,7 %. Согласно уравнению линейной регрессии урожайность моркови столовой вследствие задержки прополки на один день снижается на 4,43–7,20 ц/га, или 0,86–1,39 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологии в овощеводстве / А. А. Аутко, Ю. М. Забара, Г. И. Гануш [и др.]; под редакцией А. А. Аутко; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 490 с.
2. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней, и сорняков: рекомендации / Нац. Акад. наук Респ. Беларусь; Ин-т защиты растений НАН Беларуси; под ред. С. В. Сороки. – Минск: Бел. Наука, 2005. – 462 с.
3. Белоусов, Н. М. Структура сорного ценоза в посевах моркови столовой на территории Республики Беларусь / Н. М. Белоусов, И. Г. Волчкевич // Вестн. Белорус. гос. с.-х. академии. – 2024. – № 1. – С. 134–138.
4. Акимов, Д. С. Комплексное применение новых гербицидов и инсектицидов на посевах моркови столовой в условиях нечерноземной зоны: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Акимов Дмитрий Сергеевич; Всерос. науч.-исслед. ин-т овощеводства. – М., 2015. – 141 л.
5. Сергомонов, С. В. Порог вредоносности сорных растений в посевах продовольственной моркови / С. В. Сергомонов // Вестн. КрасГАУ. – 2006. – № 6. – С. 160–162.
6. Tei, F. Weeds and weed management in carrots: A review / F. Tei, D.T. Baumann, P.O. Bleeker [et al.] // Proc. 12th EWRS Symposium, Wageningen. – 2002. – P. 14–15. – URL: www.researchgate.net/publication/261031944_Weeds_and_weed_management_in_carrots_A_review/ (date of access: 27.06.2025).
7. Swanton, C. J. The critical weed-free period in carrot / C. J. Swanton, J. O'Sullivan, D. Robinson // Weed Science. – 2010. – Vol. 58. – P. 229–233.
8. Поперекин, А. К. Критический период вредоносности сорной растительности в посевах моркови и его влияние на урожайность / А. К. Поперекин // Сб. науч. тр. по овощеводству и бахчеводству: (к 75-летию Всерос. НИИ овощеводства): в 2 т. / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. НИИ овощеводства; ред. С. С. Литвинов. – М., 2006. – Т. 2. Технология и земледелие. – С. 465–468.
9. Ojeda, P. A. V. Periodo crítico de interferencia de malezas en el cultivo de zanahoria / P. A. V. Ojeda, C. R. E. Garay // Investigación Agraria. – 2017. – Vol. 19(2). – P. 77–85. – URL: <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2017.diciembre.77-85> (date of access: 27.06.2025).
10. Coelho, M. Interferência de plantas daninhas na cultura da cenoura (*Daucus carota*) / M. Coelho, S. Bianco, L. B. Carvalho // Planta Daninha. – 2009. – Vol. 27. – P. 913–920. – URL: www.researchgate.net/publication/250032096_Interferencia_de_plantas_daninhas_na_cultura_da_cenoura_Daucus_carota/ (date of access: 27.06.2025).
11. Методические указания по изучению экономических и критических периодов вредоносности сорняков в посевах сельскохозяйственных культур / ВАСХНИЛ, Отд.-ние земледелия и химизации сел. хоз-ва, Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева; подгот.: Г. Груздев [и др.]. – М.: ВАСХНИЛ, 1985. – 23 с.
12. Фисюнов, А. В. Сорные растения / А. В. Фисюнов. – М.: Колос, 1984. – 320 с.
13. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.