УДК 633.63
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.17

УРОЖАЙНІСТЬ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНТЕНСИВНОСТІ ГЕРБІЦИДНОГО ЗАХИСТУ

Макух Я.П. *– д.с.-г.н., професор,*
завідувач відділу здоров'я рослин,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-6954-1388
Ременюк С.О. *– к.с.-г.н., с.н.с.,*
завідувач лабораторії землеробства та гербології,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-4407-4293
Різник В.М. *– к.с.-г.н., с.д.,*
старший науковий співробітник лабораторії землеробства та гербології,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-1464-4929
Мошківська С.В. *– к.с.-г.н., с.д.,*
старший науковий співробітник лабораторії землеробства та гербології,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-1173-7086
Ременюк Ю.О. – *к.с.-г.н., с.н.с.,*
старший науковий співробітник відділу обробітку ґрунту
і контролювання сегетальної рослинності,
Навчально-науковий центр Інституту землеробства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0006-4609-0277

У статті представлено результати багаторічних досліджень щодо оцінки ефективності різних рівнів хімічного контролю бур'янів у посівах цукрових буряків в умовах Правобережного Лісостепу України. Акцент зроблено на порівнянні традиційних методів догляду (ручне прополювання) з багатокомпонентними гербіцидними схемами, що поєднують препарати з різними механізмами дії. Дослідження проведено у 2021–2024 роках на полях Білоцерківської дослідно-селекційної станції ІБКіЦБ НААН. Встановлено, що послідовне застосування ґрунтових та контактних гербіцидів дозволяє значно знизити рівень забур'яненості посівів. Найефективнішою виявилася чотирикратна схема захисту, яка забезпечила зменшення загальної чисельності бур'янів на 83,9% та максимальну ефективність проти лободи білої (90,5%), незбутниці дрібноквіткової (93,9%) і гірчиці польової (93,1%). У результаті застосування гербіцидного захисту маса бур'янів зменшилася з 3286 г/м² у контрольному варіанті до 918 г/м², що позитивно вплинуло на продуктивність культури. Урожайність цукрових буряків зросла до 53,2 т/га при підвищенні цукристості до 16,66% і зниженні вмісту кондуктометричного попелу до 0,97%, що свідчить про покращення якості сировини. Варіант без захисту демонстрував мінімальні показники – урожайність 17,8 т/га і збір цукру 2,51 т/га. Застосування ручного прополювання забезпечило найвищі показники урожайності (55,7 т/га), проте є економічно затратним і трудомістким. Таким чином, багатокомпонентні гербіцидні стратегії є оптимальним рішенням для забезпечення стабільного урожаю та якості коренеплодів. Отримані

дані свідчать про доцільність впровадження інтегрованих схем гербіцидного захисту в систему вирощування цукрових буряків як ефективного елементу адаптивного землеробства, що поєднує високу ефективність з екологічною та агрономічною доцільністю.

Ключові слова: *цукрові буряки, гербіциди, забур'яненість, урожайність, інтегрована система захисту.*

Makukh Ya.P., Remeniuk S.O., Riznyk V.M., Moshkivska S.V., Remeniuk Yu.O. Yield of sugar beet depending on the intensity of herbicide protection

The article presents the results of multi-year research evaluating the effectiveness of different levels of chemical weed control in sugar beet crops under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The focus is on comparing traditional care methods (manual weeding) with multi-component herbicide schemes that combine products with different mechanisms of action. The research was conducted during 2021–2024 on the fields of the Bila Tserkva Breeding and Research Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS. It was established that the sequential application of soil-applied and contact herbicides significantly reduces weed infestation in crops. The most effective was the fourfold protection scheme, which reduced the total weed density by 83.9% and achieved the highest control efficiency against Chenopodium album (90.5%), Galinsoga parviflora (93.9%), and Sinapis arvensis (93.1%). As a result of herbicide application, weed biomass decreased from 3286 g/m² in the untreated control to 918 g/m², which positively influenced crop productivity. The yield of sugar beet increased to 53.2 t/ha, with a sugar content of 16.66% and a reduction in conductivity ash content to 0.97%, indicating improved raw material quality. The untreated control showed the lowest performance – yield of 17.8 t/ha and sugar yield of only 2.51 t/ha. Manual weeding ensured the highest yield (55.7 t/ha), but is labor-intensive and economically costly. Therefore, multi-component herbicide strategies represent an optimal solution for ensuring stable yields and root crop quality. The obtained data confirm the feasibility of introducing integrated herbicide protection schemes into sugar beet production systems as an effective element of adaptive agriculture, combining high efficiency with environmental and agronomic justification.

Key words: *sugar beet, herbicides, weed infestation, yield, integrated protection system.*

Постановка проблеми. Цукрові буряки є стратегічно важливою культурою для агропромислового комплексу України, оскільки забезпечують сировину для цукрової промисловості, кормову базу для тваринництва та мають експортний потенціал. Вирощування цієї культури вимагає високого рівня технологічної дисципліни, особливо у питаннях боротьби з бур'янами, оскільки бур'яни не лише знижують урожайність коренеплодів, але й суттєво погіршують якість сировини. За даними багатьох дослідників, втрати урожаю буряків у разі неефективного контролю бур'янів можуть сягати 40% і більше.

Незважаючи на існування широкого спектру гербіцидних препаратів, проблема зниження забур'яненості в посівах буряків залишається актуальною. Причинами є як зміна видової структури бур'янів, поява стійких біотипів, так і недостатньо обґрунтоване застосування засобів захисту. У той же час надмірне використання гербіцидів призводить до екологічних ризиків, накопичення залишків у ґрунті, зниження біологічної активності агроценозів, що суперечить принципам сталого землеробства.

Особливої актуальності набуває питання підбору оптимальних за ефективністю та екологічною безпекою схем хімічного контролю бур'янів. Інтегровані підходи, що передбачають багаторазове та комбіноване внесення препаратів із різними механізмами дії, потребують експериментального обґрунтування з урахуванням регіональних особливостей забур'яненості. В умовах Правобережного Лісостепу України такі дослідження обмежені, що ускладнює впровадження раціональних гербіцидних систем у виробничу практику.

Таким чином, актуальність проблеми обумовлена необхідністю удосконалення систем хімічного контролю бур'янів у технології вирощування цукрових буряків шляхом розробки ефективних, екологічно обґрунтованих і адаптованих до регіональних умов гербіцидних схем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цукрові буряки (Beta vulgaris L.) – важлива технічна культура, яка забезпечує до 20% світового виробництва цукру (Kotlánová та ін., 2024). Успішне вирощування цукрових буряків значною мірою залежить від ефективного контролю бур'янів, оскільки найбільшу шкоду вони завдають на ранніх етапах розвитку культури (Soltani та ін., 2018; Jafarzadeh та ін., 2016). Згідно з результатами досліджень, забур'яненість може зумовити зниження урожайності коренеплодів на 15–41% та зменшення цукристості на 1–2,6% (Hoseyni та ін., 2018; Üstüner, 2018). Повільний стартовий ріст культури та широкорядна сівба створюють сприятливі умови для розвитку агресивних видів бур'янів (Fishkis & Koch, 2023; Bhadra та ін., 2020). Унаслідок конкуренції за світло, воду та елементи живлення бур'яни значно знижують продуктивність цукрових буряків (Gerhards та ін., 2017; Berg та ін., 2025; Kopchuk & Remeniuk, 2022). У традиційних системах захисту основну увагу приділяють ручному прополюванню, яке є трудомістким і економічно витратним (Khan та ін., 2021; Hamed та ін., 2023; El-Metwally та ін., 2022). Водночас останніми роками зростає увага до екологічно безпечних і інтегрованих технологій контролю бур'янів (Kulan & Kaya, 2023; Slaughter та ін., 2008). Такі підходи поєднують механічні, хімічні та агрономічні заходи, зокрема сівозміну, мульчування та глибокий обробіток ґрунту (Tsyuk та ін., 2021; Riemens та ін., 2022). Особливу перспективність мають багатокомпонентні гербіцидні стратегії, що поєднують ґрунтові й контактні препарати з різними механізмами дії (Jaskulska та ін., 2023; Fishkis та ін., 2024). У розвинених аграрних країнах (Німеччина, Чехія, Франція) активно впроваджуються системи краплинного внесення гербіцидів та роботизовані технології знищення бур'янів (Gerhards та ін., 2024; Fishkis та ін., 2024; dos Santos Ferreira та ін., 2017).

В Україні питання оптимізації хімічного захисту цукрових буряків набуває особливої актуальності в умовах зміни клімату (Tsyuk та ін., 2021).

Метою досліджень є визначення ефективної гербіцидної обробки для підвищення врожайності та якості цукрових буряків в умовах Лісостепу України.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили у 2021-2024 рр. на полях Білоцерківської дослідно–селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київська область.

Ґрунт дослідних ділянок чорнозем малогумусний, за механічним складом середньосуглинковий на лесі. Вміст гумусу 2,82–3,21 %. В орному шарі ґрунту вміст азоту легкогідролізованого (за Тюриним) – 13,2 мг на 100 г ґрунту, рухомого фосфору (за Кірсановим) – 14,6–14,9 мг на 100 г ґрунту, вміст обмінного калію (за Чіриковим) – 8,8–9,5 мг на 100 г ґрунту. На дослідному полі кислотність ґрунту (pH) – 6,0–6,5, гідролітична кислотність від 1,4 до 2,8 мг/екв. на 100 г ґрунту.

Рельєф поля рівний з невеликим нахилом на північ, глибина залягання ґрунтових вод 7–8 метрів. Головним джерелом зволоження ґрунту є вода атмосферних опадів.

Схема досліджень:

1. Контроль забур'янений – посіви буряків цукрових вегетують без проведення заходів контролювання бур'янів.

2. Контроль «чистий» – посіви буряків цукрових вегетують без негативного впливу бур'янів (проведення протягом вегетаційного періоду п'яти послідовних ручних прополювань).

3. Перше внесення: Штефам Новий, КС (фенмедифам, 160 г/л, + десмедифам, 160 г/л) + Гол, КС (метамітрон, 700 г/л) 1,0 + 1,0 л/га; друге внесення: Бетанал максПро, 209 ОДМД (фенмедифам, 60 г/л + десмедифам, 47 г/л + етофумезат, 75 г/л + ленацил (активатор), 27 г/л) + Гол, КС (метамітрон, 700 г/л) 1,5 л/га + 1,0 л/га;

третє внесення: Бетанал максПро, 209 ОДМД (фенмедифам, 60 г/л + десмедифам, 47 г/л + етофумезат, 75 г/л + ленацил (активатор), 27 г/л) + Штарга Супер, (хізалофоп-П-етил, 125 г/л) 1,5 л/га + 0,8 л/га. Інтервал між обприскуваннями 7-10 діб, перше обприскування у фазі сім'ядоль рослин культури.

4. Перше внесення: Штефам Новий, КС (фенмедифам, 160 г/л, + десмедифам, 160 г/л) + Гол, КС (метамітрон, 700 г/л) 1,0 + 1,0 л/га; друге внесення: Бетанал максПро, 209 ОДМД (фенмедифам, 60 г/л + десмедифам, 47 г/л + етофумезат, 75 г/л + ленацил (активатор), 27 г/л) + Гол, КС (метамітрон, 700 г/л) 1,5 л/га + 1,0 л/га; третє внесення: Бетанал максПро, 209 ОДМД (фенмедифам, 60 г/л + десмедифам, 47 г/л + етофумезат, 75 г/л + ленацил (активатор), 27 г/л) + Гол, КС (метамітрон, 700 г/л) 1,5 л/га + 1,0 л/га; четверте внесення: Бетанал максПро, 209 ОДМД + Штарга Супер, (хізалофоп-П-етил, 125 г/л) 1,5 л/га + 0,8 л/га. Інтервал між обприскуваннями 7-10 діб, перше обприскування у фазі сім'ядоль рослин культури.

Площа посівної ділянки – 36 м^2, облікової – 25 м^2. Повторність варіантів – чотириразова, розміщення ділянок – рендомізоване.

Перше обприскування гербіцидами здійснювалося у фазі сім'ядолей рослин цукрових буряків. Подальші внесення проводилися з інтервалом 7-10 діб, залежно від потреби та стадії розвитку бур'янів та культури. Цей підхід був обраний для забезпечення ефективного контролю бур'янів на критичних ранніх стадіях росту цукрових буряків.

Виклад основного матеріалу. За результатами досліджень у посівах цукрових буряків Білоцерківської дослідно-селекційної станції перед обприскуванням гербіцидами видове різноманіття бур'янів представлено здебільшого однорічними дводольними видами. Серед них зустрічалися: лобода біла *(Chenopodium album L.)* – 5,1 шт./м^2, щириця звичайна *(Amaranthus retroflexus L.)* – 6,3 шт./м^2, щириця жминдовидна (*Amaranthus blitoides S.Watson)* – 2,4 шт./м^2, паслін чорний (*Solanum nigrum L.*) – 1,9 шт./м^2, гірчиця польова (*Sinapis arvensis L.*) – 7,8 шт./м^2, талабан польовий (*Thlaspi arvense L.*) – 3,5 шт./м^2, гірчак розлогий (*Polygonum lapathifolium L.*) – 4,7 шт./м^2, гірчак березковидний (*PolygonumconvolvulusL.*) – 5,4 шт./м^2, незбутниця дрібноквіткова *(Galinsoga parviflora Cav.)* – 6,2 шт./м^2, просо півняче (*Echinochloa crus-galli L.)* – 21,5 шт./м^2, мишій сизий (*Setaria glauca L.*) – 11,9 шт./м^2, елевзина індійська (*Eleusine indica L.*) – 4,5 шт./м^2 (табл. 1).

Застосування гербіцидних схем у варіантах 3 та 4 дозволило суттєво знизити чисельність основних бур'янів у посівах цукрових буряків. У варіанті 3, де проводилось три внесення, загибель лободи білої склала 82,6%, щириці звичайної – 74,3%, гірчиці польової – 86,2%, а загальна ефективність по всіх видах бур'янів – 75,1%. У варіанті 4, де до попередньої схеми було додано четверте обприскування, рівень знищення бур'янів зріс до 83,9%.

Особливо високу ефективність у варіанті 4 відмічено проти лободи білої (90,5%), незбутниці дрібноквіткової (93,9%) та гірчиці польової (93,1%). Натомість гірчак березкоподібний виявився стійкішим до дії препаратів – ефективність знищення в межах 58–62%, що вказує на необхідність додаткового контролю цього виду.

Обприскування посівів цукрових буряків від сегетальної флори сприяло зменшенню накопичення сирої маси бур'янами на третю декаду липня та позитивно вплинуло на урожайність коренеплодів культури (табл. 2).

Таблиця 1

Ефективність дії гербіцидів у посівах цукрових буряків Білоцерківської ДСС

Види бур'янів	Варіанти досліду							
	1		3			4		
	до внесення шт./м²	після внесення, шт./м²	до внесення шт./м²	після внесення, шт./м²	загинуло, %	до внесення, шт./м²	після внесення, шт./м²	загинуло, %
Лобода біла	5,1	6,4	4,6	0,8	82,6	6,3	0,6	90,5
Щириця звичайна	6,3	7,2	7,4	1,9	74,3	6,1	0,9	85,2
Щириця жминдовидна	2,4	3,1	2,9	0,9	69,0	3,3	0,6	81,8
Паслін чорний	1,9	3,7	4,6	0,7	84,8	-	-	-
Гірчиця польова	7,8	8,0	6,5	0,9	86,2	5,8	0,4	93,1
Талабан польовий	3,5	3,8	1,4	0,2	85,7	4,0	0,4	90,0
Гірчак розлогий	4,7	5,1	6,0	1,1	81,7	4,9	0,4	91,8
Гірчак березкоподібний	5,4	5,8	4,3	1,8	58,1	3,7	1,4	62,2
Незбутниця дрібноквітк	6,2	8,1	5,3	0,6	88,7	4,9	0,3	93,9
Просо півняче	21,5	24,6	22,0	5,3	75,9	22,8	3,2	85,9
Мишій сизий	11,9	16,3	15	5,1	66,0	16,2	3,7	77,2
Елевзина індійська	4,5	7,4	5,8	1,4	75,7	6,7	1,2	82,1
Інші види	6,2	6,5	3,2	1,2	62,5	4,5	1,2	73,3
Всього	87,4	106,0	88,0	21,9	75,1	89,0	14,3	83,9

Таблиця 2

Накопичення маси бур'янів і урожайність коренеплодів цукрових буряків у 2021-2024 рр., Білоцерківська ДСС

Варіант досліду	Маса бур'янів, г/м²			Густота стояння, тис. шт./га	Урожайність коренеплодів, т/га	Цукристість коренеплодів, %	Вміст кондукто-метричного попелу, %	Збір цукру, %
	всього	у т.ч.						
		дводольні	злаки					
1	3286	2444	842	101,6	17,8	14,11	1,03	2,51
2	75,1	49,3	25,8	98,4	55,7	16,49	0,98	8,98
3	1453	879	574	100,3	46,1	16,45	1,03	7,58
4	918	425	493	99,2	53,2	16,66	0,97	8,86
Hip_{05}					2,41	0,19	0,08	

У контрольному варіанті без захисту (варіант 1) фіксувалась найвища забур'яненість (3286 г/м²), що призвело до зниження урожайності до 17,8 т/га та збору цукру – лише 2,51 т/га. Застосування ручного прополювання (варіант 2) забезпечило майже повну відсутність бур'янів (75,1 г/м²) і найвищі показники урожайності (55,7 т/га) та збору цукру (8,98 т/га).

Схема гербіцидного захисту у варіанті 3 (три внесення) дозволила зменшити масу бур'янів до 1453 г/м², що забезпечило урожайність 46,1 т/га при цукристості 16,45%. Додавання четвертого внесення у варіанті 4 дозволило знизити масу бур'янів ще більше – до 918 г/м² і отримати урожайність 53,2 т/га із цукристістю 16,66%. Вміст кондуктометричного попелу при цьому зменшився до 0,97%, що вказує на підвищення якості сировини для переробки.

Висновки. Застосування інтегрованих схем гербіцидного захисту суттєво знижує рівень забур'яненості у посівах цукрових буряків. Найбільш ефективною виявилась чотирикомпонентна система обробки (варіант 4), яка забезпечила зниження загальної чисельності бур'янів на 83,9% порівняно з контролем. Найвища ефективність дії гербіцидів спостерігалась проти таких бур'янів, як лобода біла (90,5%), незбутниця дрібноквіткова (93,9%), гірчиця польова (93,1%), що свідчить про доцільність багаторазового комбінованого застосування препаратів із різними механізмами дії. Найбільшу масу бур'янів було зафіксовано у варіанті без контролю (контроль забур'янений – 3286 г/м²), що призвело до суттєвого зниження урожайності до 17,8 т/га. У контрольному «чистому» варіанті (ручні прополювання) урожайність досягала 55,7 т/га. Гербіцидний захист, що передбачає 3–4 внесення (варіанти 3 і 4), забезпечував значне зменшення маси бур'янів (1453 та 918 г/м² відповідно), що сприяло формуванню високого рівня урожайності (46,1 та 53,2 т/га) і підвищенню цукристості коренеплодів (16,45–16,66%). За результатами досліджень встановлено, що використання багатокомпонентних гербіцидних схем із послідовним внесенням контактних та ґрунтових препаратів у фазу сім'ядоль та наступні фази розвитку буряків є ефективним заходом захисту, який можна рекомендувати для впровадження у виробництво в умовах Правобережного Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Potential yield loss in sugar beet due to weed interference in the United States and Canada / N. Soltani et al. Weed Technology. 2018. Vol. 32, no. 6. P. 749–753. URL: https://doi.org/10.1017/wet.2018.88 (date of access: 27.06.2025).
2. ROLE OF NEW HERBICIDES IN DODDER (CUSCUTA CAMPESTRIS) CONTROL IN SUGAR BEET (BETA VULGARIS) FIELDS / S. M. HOSEYNI et al. Applied Ecology and Environmental Research. 2018. Vol. 16, no. 4. P. 5117–5125. URL: https://doi.org/10.15666/aeer/1604_51175125 (date of access: 27.06.2025).
3. ROLE OF NEW HERBICIDES IN DODDER (CUSCUTA CAMPESTRIS) CONTROL IN SUGAR BEET (BETA VULGARIS) FIELDS / S. M. HOSEYNI et al. Applied Ecology and Environmental Research. 2018. Vol. 16, no. 4. P. 5117–5125. URL: https://doi.org/10.15666/aeer/1604_51175125 (date of access: 27.06.2025).
4. ÜSTÜNER T. The effect of field dodder (Cuscuta campestris Yunck.) on the leaf and tuber yield of sugar beet (Beta vulgaris L.). TURKISH JOURNAL OF AGRICULTURE AND FORESTRY. 2018. Vol. 42, no. 5. P. 348–353. URL: https://doi.org/10.3906/tar-1711-108 (date of access: 27.06.2025).
5. The Influence of Sugar Beet Cultivation Technologies on the Intensity and Species Biodiversity of Weeds / B. Kotlánová et al. Agronomy. 2024. Vol. 14, no. 2. P. 390. URL: https://doi.org/10.3390/agronomy14020390 (date of access: 27.06.2025).
6. Bhadra T., Paul S. Weed management in sugar beet: A review. Fundamental and Applied Agriculture. 2020. P. 1. URL: https://doi.org/10.5455/faa.83758 (date of access: 27.06.2025).
7. Fishkis O., Koch H.-J. Effect of mechanical weeding on soil erosion and earthworm abundance in sugar beet (Beta vulgaris L.). Soil and Tillage Research. 2023. Vol. 225. P. 105548. URL: https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105548 (date of access: 27.06.2025).

8. Roland G., Kostyantyn B., Hans-Joachim S. Sugar beet yield loss predicted by relative weed cover, weed biomass and weed density. Plant Protection Science. 2017. Vol. 53, No. 2. P. 118–125. URL: https://doi.org/10.17221/57/2016-pps (date of access: 27.06.2025).

9. Berg J., Ring H., Bernhardt H. Combined Mechanical–Chemical Weed Control Methods in Post-Emergence Strategy Result in High Weed Control Efficacy in Sugar Beet. Agronomy. 2025. Vol. 15, no. 4. P. 879. URL: https://doi.org/10.3390/agronomy15040879 (date of access: 27.06.2025).

10. Remeniuk S. O., Kopchuk K. M. Patterns of weed infestation of crop rotations in the Left Bank Forest Steppe of Ukraine. Advanced Agritechnologies. 2022. Vol. 10, no. 3. URL: https://doi.org/10.47414/na.10.3.2022.270521 (date of access: 27.06.2025).

11. The EFFICACY OF DUAL GOLD (S-METOLACHLOR) ON WEED BIOMASS (g m-2) AND ON THE GROWTH AND YIELD COMPONENTS OF SUGAR BEET (BETA VULGARIS L.) CV. CALIFORNIA-KWS / I. Khan et al. JOURNAL OF WEED SCIENCE RESEARCH. 2021. Vol. 27, no. 4. P. 495–504. URL: https://doi.org/10.28941/pjwsr.v27i4.985 (date of access: 27.06.2025).

12. Enhancing Sugar Beet (Beta vulgaris L.) Yield and Quality: Evaluating the Efficiency of Chemical and Mechanical Weed Control Strategies / L. M. M. Hamed et al. Agronomy. 2023. Vol. 13, no. 12. P. 2951. URL: https://doi.org/10.3390/agronomy13122951 (date of access: 27.06.2025).

13. El-Metwally I. M., Saudy H. S., Elewa T. A. Natural Plant By-Products and Mulching Materials to Suppress Weeds and Improve Sugar Beet (Beta vulgaris L.) Yield and Quality. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2022. URL: https://doi.org/10.1007/s42729-022-00997-4 (date of access: 27.06.2025).

14. Effect of different single herbicide doses on sugar beet yield, quality and associated weeds / E. M. Abd El Lateef et al. Bulletin of the National Research Centre. 2021. Vol. 45, no. 1. URL: https://doi.org/10.1186/s42269-020-00476-9 (date of access: 27.06.2025).

15. A Patch-Image Based Classification Approach for Detection of Weeds in Sugar Beet Crop / S. I. Moazzam et al. IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 121698–121715. URL: https://doi.org/10.1109/access.2021.3109015 (date of access: 27.06.2025).

16. Kulan E. G., Kaya M. D. Effects of Weed-Control Treatments and Plant Density on Root Yield and Sugar Content of Sugar Beet. Sugar Tech. 2023. URL: https://doi.org/10.1007/s12355-023-01249-0 (date of access: 27.06.2025).

17. Slaughter D. C., Giles D. K., Downey D. Autonomous robotic weed control systems: A review. Computers and Electronics in Agriculture. 2008. Vol. 61, no. 1. P. 63–78. URL: https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.05.008 (date of access: 27.06.2025).

18. An Integrated Weed Management framework: A pan-European perspective / M. Riemens et al. European Journal of Agronomy. 2022. Vol. 133. P. 126443. URL: https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126443 (date of access: 27.06.2025).

19. MONITORING OF SUGAR BEET CROPS WEEDINESS DEPENDING ON AGRICULTURE SYSTEMS / O. TSYUK et al. AgroLife Scientific Journal. 2021. Vol. 10, no. 1. P. 242–247. URL: https://doi.org/10.17930/agl2021128 (date of access: 27.06.2025).

20. Effect of Fungicide Protection of Sugar Beet Leaves (Beta vulgaris L.): Results of Many Years Experiments / I. Jaskulska et al. Agronomy. 2023. Vol. 13, no. 2. P. 346. URL: https://doi.org/10.3390/agronomy13020346 (date of access: 27.06.2025).

21. Toxicological risk assessment of mechanical-chemical vs. chemical weed control techniques in sugar beet in Germany using SYNOPS-GIS / O. Fishkis et al. Frontiers in Agronomy. 2024. Vol. 5. URL: https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1274703 (date of access: 27.06.2025).

22. A comparison of seven innovative robotic weeding systems and reference herbicide strategies in sugar beet (Beta vulgaris subsp. vulgaris L.) and rapeseed (Brassica napus L.) / R. Gerhards et al. Weed Research. 2023. URL: https://doi.org/10.1111/wre.12603 (date of access: 27.06.2025).

23. Weed detection in soybean crops using ConvNets / A. dos Santos Ferreira et al. Computers and Electronics in Agriculture. 2017. Vol. 143. P. 314–324. URL: https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.10.027 (date of access: 27.06.2025).