

УДК 632.954:632.98:633.63(470.32)

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДА КАЛЛИСТО И ЕГО ПРИМЕСЕЙ В РАСТВОРЕ БЕТАНАЛА ЭКСПЕРТА ОФ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА

© 2021 г. Е. А. Дворянкин

*Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова
396030 Воронежская обл., Рамонский р-н, п. ВНИИСС, 86, Россия*

E-mail: dvoryankin149@gmail.com

Поступила в редакцию 12.01.2021 г.

После доработки 05.05.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Проведены полевые испытания действия сублетальных и изреживающих посев норм гербицида Каллисто на растения сахарной свеклы в зависимости от фазы развития культуры и погодных условий. Описаны характерные симптомы повреждения гербицидом растений сахарной свеклы на ранних стадиях развития, демонстрирующие признаки морфологических и физиологических нарушений. Каллисто в малых нормах активно подавлял нарастание биомассы, изреживал посев, снижал продуктивные показатели сахарной свеклы. Показано, что примеси Каллисто в растворе гербицида Бетанал Эксперт ОФ (БЭОФ), 1.3 л/га вызывали синергический эффект усиления негативного воздействия смеси гербицидов на растения сахарной свеклы.

Ключевые слова: сахарная свекла, гербициды, фитотоксичность, факторы среды, продуктивность.

DOI: 10.31857/S0002188121100069

ВВЕДЕНИЕ

В сельском хозяйстве гербицид Каллисто применяют в посевах кукурузы для подавления двудольных и злаковых сорняков. Препарат вносят по вегетирующим сорнякам в фазе 3–6 листьев культуры, но он также обладает хорошим почвенным действием, что способствует подавлению и прорастающих сорняков [1].

Каллисто является гербицидом-ингибитором фермента *п*-гидроксифенилпируват-диоксигеназы (ГФПД), нарушающим биосинтез каротиноидов. После проникновения в растение гербициды с подобным механизмом действия передвигаются в ламеллы хлоропластов, где подавляют у чувствительных растений синтез пигментов [2].

ГФПД – ключевой фермент в биосинтезе хинонов и токоферолов (витамина Е). Недостаток содержания пластохинонов приводит к резкому снижению содержания каротиноидов и осветлению тканей листьев [3, 4]. Вместе с этим, гербициды ингибируют синтез в растениях ди- и тетра-терпенов, которые являются предшественниками гиббереллинов и каротина [5, 6]. Эффективность гербицидов в значительной степени зависит от погодных условий [1, 4].

Гербициды-ингибиторы ГФПД имеют широкий спектр действия на сорную растительность. В последнее время разработчики гербицидов уделяют этой группе веществ самое пристальное внимание [4].

Каллисто является сильным токсикантом для сахарной свеклы, поэтому в отсутствие возможности отдельного использования оборудования для внесения гербицидов на разных культурах, нельзя полностью исключить ошибки, которая может послужить фактором повреждения растений сахарной свеклы, например, недостаточно тщательная санитарная промывка опрыскивателя или ее отсутствие.

Цель работы – изучить симптомы интоксикации и продуктивные показатели сахарной свеклы, поврежденной остатками раствора Каллисто в баке опрыскивателя при внесении свекловичных гербицидов в посевах культуры.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили на опытном поле ВНИИСС в 2016–2019 гг. Объектом исследования служили растения сахарной свеклы в фазе семядолей – 2-х пар настоящих листьев и гербицид

Каллисто в сублетальных и изреживающих посевах дозах. Расчет сублетальных и изреживающих доз испытанного гербицида осуществляли по методике [7]. В опытах растения сахарной свеклы повреждали гербицидом в нормах 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 и 6.0% от нормы применения Каллисто, СК, 0.2 л/га для кукурузы. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный малогумусный средне-мощный тяжелосуглинистый.

Схема опыта имела 14 вариантов в двухкратной повторности. Площадь делянки 16.2 м², которую расщепляли пополам, затем на одной половине делянки вносили испытанный гербицид, а на другой – испытанный гербицид + гербицид Бетанал Эксперт ОФ (БЭОФ), 1.3 л/га. Опыт включал контроль с ручной прополкой, контроль с обработкой растений БЭОФ, 1.3 л/га, варианты с Каллисто (ручная прополка), варианты с Каллисто + БЭОФ, 1.3 л/га (остаточные и прорастающие сорняки удаляли вручную). Площадь расщепленной делянки 8.1 м², учетной – 5.4 м². Размещение делянок в опыте рендомизированное. В опыте проведено однократное внесение гербицидов на делянках. Гербициды вносили ранцевым опрыскивателем, оборудованным штангой с 6-ю распылителями на 6 рядков сахарной свеклы.

Сахарную свеклу возделывали в звене севооборота: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла. Технология возделывания культур – общепринятая для ЦЧР.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Каллисто при нанесении в сублетальных дозах на вегетирующие растения сахарной свеклы легко передвигался в меристематические ткани точки роста – листовые бугорки и отрастающие листовые пластинки. Поэтому первые признаки повреждения всходов сахарной свеклы наблюдали в области верхушечной меристемы, заложенной в основании семядолей. Гербицид обесцвечивал ткани точки роста и разрушал пигменты в активно растущих листьях (рис. 1а, б).

Вслед за первой парой обесцвеченных листьев могли появиться обесцвеченные листья следующей пары. При особенно быстром разрушении хлорофилла в меристематических тканях проявлялась красно-фиолетовая окраска в точке роста и у основания отрастающих листьев (рис. 1в, г).

Антоциановая окраска являлась признаком сильного токсического действия гербицида, которое в условиях сухой жаркой погоды быстро приводило к летальному исходу, т.е. гербицид поражал все растение: гибла точка роста, нарастал

некроз ткани. Выжившие растения сахарной свеклы восстанавливали синтез хлорофилла в обесцвеченных листьях и способность ассимилировать углерод.

Симптоматика повреждений гербицидом Каллисто сахарной свеклы в фазе 2-х пар настоящих листьев характеризовалась более отчетливым разнообразием признаков. Вместе со специфическим обесцвечиванием молодых растущих листьев, окаймленных антоциановой окраской при сильном химическом токсикозе (рис. 1д), имели место деформации и сворачивание листьев в трубку. Листья, попавшие непосредственно под обработку гербицидом, отличались от отросших позднее листьев формой, нечетким жилкованием, окраской, более толстой пластинкой листа (рис. 1е, ж). При благоприятных условиях (теплой влажной погоде) поврежденные листья частично восстанавливали свою функцию (рис. 1з), они сильно деформировались и, как правило, были недолговечными (рис. 1и). В неблагоприятных условиях поврежденные листья темнели, ткань отмирала (рис. 1к). Гербицид также оказывал влияние на ризосферные бактериальные сообщества и корневую систему сахарной свеклы. На гипокотиле образовывались трещины и язвы, выпад сахарной свеклы возрастал.

Степень снижения массы растений под влиянием стрессора являлась показателем устойчивости к нему растений. Устойчивость сахарной свеклы к действию препарата Каллисто зависела от фазы онтогенеза и погодных условий.

Наиболее чувствительны к гербицидам растения культуры в раннем возрасте, особенно в период формирования проростка. Например, в условиях оптимального роста и развития растений препарат Каллисто в дозах от 1.0 до 6.0% от нормы расхода для кукурузы сдерживал нарастание биомассы сахарной свеклы в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев на 3–98% в сравнении с контролем (рис. 2а). При малых дозах (из испытываемых) применения препарата отмечали единичные выпадения растений, а при наиболее высоких дозах гербицида выпад сахарной свеклы под действием Каллисто увеличивался до 96% (рис. 2в).

Токсичность Каллисто для растений сахарной свеклы в фазе 2-х пар настоящих листьев была в 1.5–2.5 раза меньше, чем для растений в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев. Например, с увеличением дозы гербицида нарастание биомассы растений сахарной свеклы сдерживалось на 8–40% от контроля, а выпад растений



Рис. 1. Симптомы действия гербицида Каллисто на растения сахарной свеклы.

культуры не превышал 18% при применении наиболее высоких доз гербицида Каллисто.

В засушливых условиях погоды токсичность гербицида Каллисто на растения сахарной свеклы возрастала в 1,3–1,6 раза, а выпад растений культуры увеличивался в 2–3 раза (рис. 26, г). Изреженность посева в период формирования проростков достигала 97–100% при сравнительно более низких дозах гербицида, чем при благоприятных условиях произрастания.

Формирование урожая сахарной свеклы зависело от обратимости процессов торможения ро-

ста, сдерживаемое степенью токсикоза растений, скоростью дезактивации гербицида и погодными условиями. В соответствии с токсичностью препарата снижалась урожайность сахарной свеклы (рис. 3). В условиях достаточной влаги и оптимальной температуры воздуха растения сахарной свеклы, поврежденные Каллисто в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев в дозах 3–6% от нормы расхода для кукурузы, снижали урожайность корнеплодов на 18–91% в сравнении с контролем. В засушливых условиях в связи с усиливающимся выпадом растений полная гибель по-

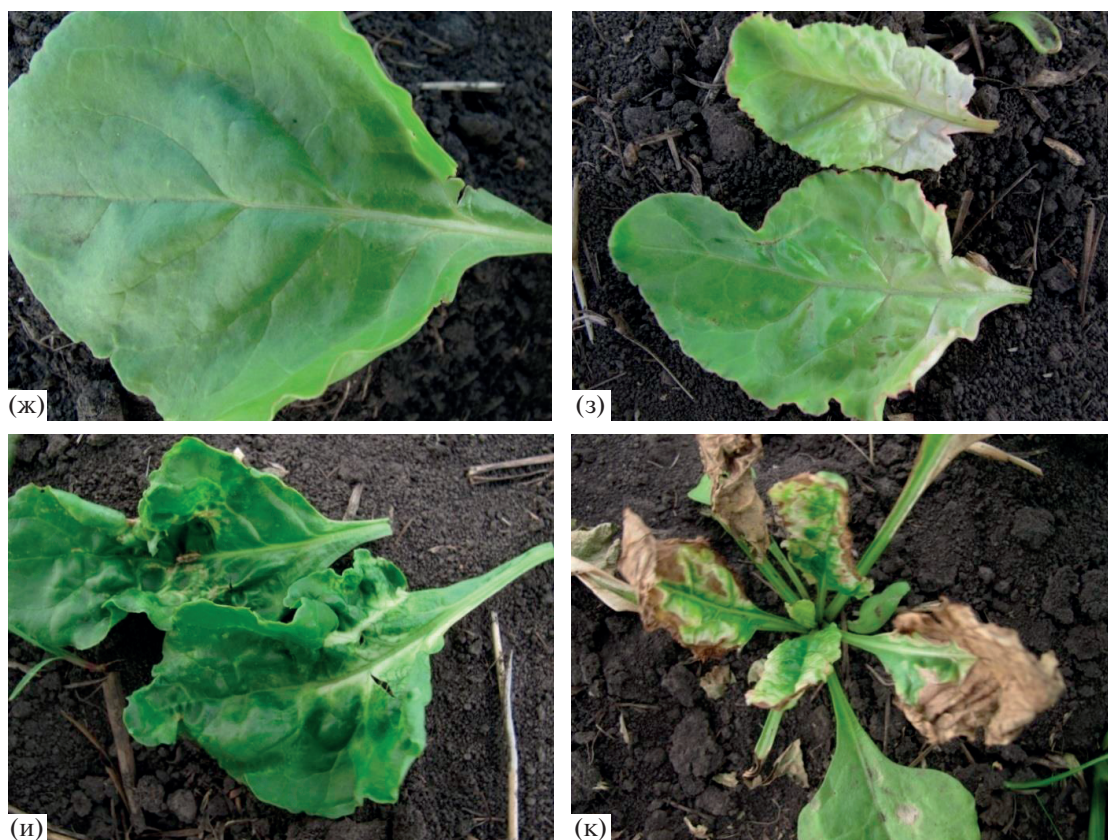


Рис. 1. Окончание

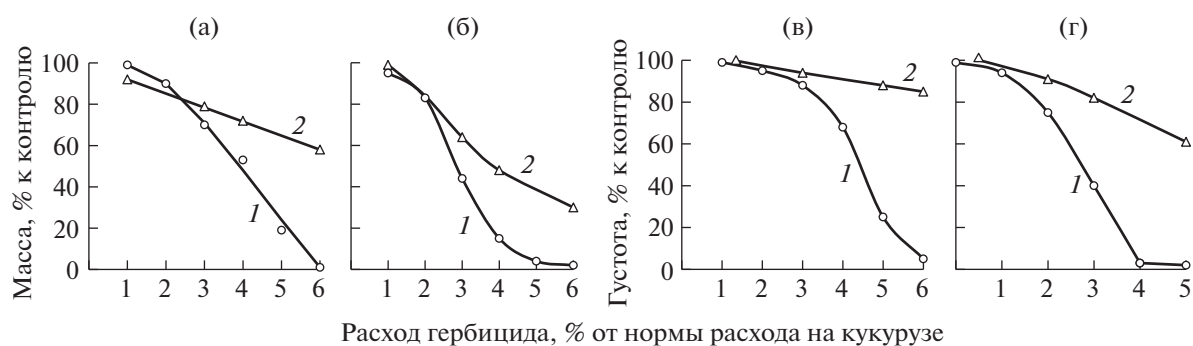


Рис. 2. Биомасса растений через 12 сут и густота стояния сахарной свеклы в посеве через 30 сут после обработки гербицидом Каллисто: 1 – обработка в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев, 2 – обработка в фазе 2-х пар настоящих листьев; (а), (в) – в условиях достаточной влагообеспеченности в период обработок, (б), (г) – в условиях сухой жаркой погоды в период обработок.

сева сахарной свеклы наступала при обработке посева Каллисто в меньших дозах гербицида.

Растения сахарной свеклы в фазе 2-х пар настоящих листьев были менее чувствительными к действию Каллисто. В благоприятных условиях с достаточным или избыточным количеством осадков в период адаптации сахарной свеклы к воздействию Каллисто отмечали стимуляцию роста

растений на делянках с низкими дозами гербицида (1–2% от нормы расхода для кукурузы), вследствие чего урожайность корнеплодов увеличивалась на 6–9% в сравнении с контролем (ручной прополкой). В засушливых условиях эффект стимуляции роста растений культуры и повышения урожайности корнеплодов под действием наиболее малых доз Каллисто не проявлялся.

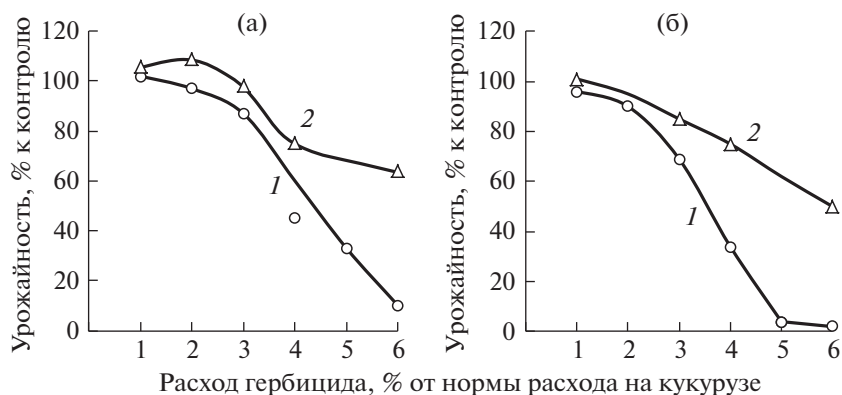


Рис. 3. Урожайность сахарной свеклы в зависимости от действия гербицида Каллисто, фазы развития растений и погодных условий: 1 – обработка в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев; 2 – обработка в фазе 2-х пар настоящих листьев; (а) – в условиях достаточной влагообеспеченности в период обработок, (б) – в условиях сухой жаркой погоды в период обработок.

По данным полевых испытаний, гербицид Каллисто был более токсичным для сахарной свеклы в фазе семядолей. Токсичность гербицида заметно снижалась при обработке сахарной свеклы в фазе 2-х пар настоящих листьев (табл. 1).

Гербициды-ингибиторы фермента ГФПД являются сильными биологически активными веществами, которые могут в малых количествах оказывать повреждающее действие на чувствительные культуры, в том числе и растения сахарной свеклы. Показано, что небольшие примеси Каллисто в растворе БЭОФ, 1.3 л/га вызвали синергический эффект усиления токсичности смеси на растения сахарной свеклы. Например, раствор БЭОФ, 1.3 л/га, отличающийся низкой фитотоксичностью для растений культуры, с остатками раствора Каллисто заметно снижал урожайность и сахаристость корнеплодов, чем разведенный водой остаток раствора Каллисто без БЭОФ (табл. 2).

Таким образом, наличие остатков раствора Каллисто в баке опрыскивателя при обработке посева сахарной свеклы БЭОФ, 1.3 л/га приводило к значительным потерям продукции. Негативное действие примеси Каллисто в растворе с БЭОФ, 1.3 л/га на продуктивность сахарной свеклы возрастало в 2 раза в сравнении с действием только остатков раствора Каллисто в баке опрыскивателя после полной заправки емкости водой. Эффект синергии от смеси гербицидов вызывал снижение расчетного сбора сахара на 19% при наличии в растворе БЭОФ остатков Каллисто в дозе 2% от нормы применения для кукурузы и на 42.4% – в дозе 3%.

Для исключения последствий от интоксикации сахарной свеклы токсичными гербицидами следует руководствоваться правилами соблюдения ухода за оборудованием, предназначенными для наведения растворов и опрыскивания сельскохозяйственных культур химическими средствами защиты растений.

Таблица 1. Влияние гербицида Каллисто на урожайность сахарной свеклы (2016–2018 гг.), т/га

Гербицид	Расход от нормы для кукурузы по каталогу, %				
	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Обработано в фазе семядолей – 1-й пары настоящих листьев					
1. Контроль (без гербицидов)	44.8				
2. Каллисто	42.6	37.8	18.6	4.8	0.0
Обработано в фазе 2-х пар настоящих листьев					
1. Контроль (без гербицидов)	44.8				
2. Каллисто	46.0	41.1	32.7	27.6	25.9
<i>HCP</i> ₀₅	3.2				

Таблица 2. Снижение продуктивности сахарной свеклы в зависимости от фитотоксичности смеси гербицидов БЭОФ, 1,3 л/га и Каллисто, оставшегося в баке опрыскивателя (раствор вносили в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев, 2017–2019 гг.), % к контролю

Гербициды, % от нормы расхода для кукурузы по каталогу	Без применения БЭОФ (с ручной прополкой)			Применение БЭОФ (с дополнительной ручной прополкой)		
	урожайность	сахаристость	сбор сахара	урожайность	сахаристость	сбор сахара
	т/га	%	т/га	т/га	%	т/га
1. Контроль с ручной прополкой	55.4	15.2	8.4			
2. БЭОФ, 1,3 л/га (с дополнительной ручной прополкой)				0.5	0.7	1.0
3. Каллисто, 2,0%	6.4	3.3	9.2	16.4	3.3	19.0
4. Каллисто, 3,0%	16.6	4.6	20.2	38.0	7.3	42.4
<i>HCP</i> ₀₅ , %	6.5	2.2	6.1	6.5	2.2	6.1

ВЫВОДЫ

1. Первые признаки повреждения всходов сахарной свеклы под действием гербицида Каллисто наблюдали в области верхушечной меристемы, заложеной в основании семядолей. Гербицид обесцвечивал ткани точки роста и активно отрастающих листьев. При особенно быстром разрушении пигментов проявлялась красно-фиолетовая окраска в точке роста и у основания отрастающих листьев, что являлось признаком сильного токсического действия гербицида, приводившего к некрозу ткани и гибели растения. У более взрослых растений вместе со специфическим обесцвечиванием молодых отрастающих листьев, окаймленных антоциановой окраской, имели место деформации и скручивание листьев в трубку. Попавшие под обработку листья отличались от отросших позднее листьев формой и более толстой пластинкой листа с нечетким жилкованием. При действии сублетальных доз гербицида растения сахарной свеклы частично восстанавливали синтез хлорофилла в обесцвеченных листьях и способность к ассимиляции углерода.

2. В оптимальных условиях произрастания гербицид Каллисто в дозах 1–6% от нормы расхода для кукурузы сдерживал нарастание биомассы растений сахарной свеклы в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев на 3–98% и изреживал посев культуры от единичных выпадов растений до 96% при наиболее высоких дозах препарата в сравнении с контролем. Для растений в фазе 2-х пар настоящих листьев токсичность Каллисто была в 1,5–2,5 раза меньше – 8–40% от контроля, а выпад растений культуры не превышал 18% при

наиболее высоких из испытанных доз гербицида Каллисто.

3. В засушливых условиях токсичность гербицида Каллисто на растения сахарной свеклы возрастала в 1,3–1,6 раза, а выпад растений культуры увеличивался в 2–3 раза. Изреженность посева сахарной свеклы, поврежденной Каллисто в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев достигала 100% при сравнительно более низких дозах гербицида, чем при благоприятных условиях произрастания.

4. При оптимальных условиях погоды Каллисто в дозах 3–6% от нормы применения для кукурузы снижал урожайность корнеплодов в посевах, поврежденном в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев, на 18–91% в сравнении с контролем. Каллисто в дозах 1–2% (от нормы расхода для кукурузы) в посевах, поврежденном в фазе 2-х пар настоящих листьев, увеличивал урожайность корнеплодов на 6–9% в сравнении с контролем. Каллисто в более высоких (из испытанных) дозах снижал урожайность культуры на 26–40% к контролю. В засушливых условиях погоды влияние гербицида Каллисто на снижение продуктивности сахарной свеклы возрастало, а эффект стимуляции урожайности под действием низких доз Каллисто не проявлялся.

5. Примеси Каллисто в растворе БЭОФ, 1,3 л/га вызывали синергический эффект усиления токсичности смеси на растения сахарной свеклы. Негативное действие Каллисто на продуктивность культуры возрастало в 2 раза в сравнении с действием только его остатков в баке опрыскивателя после полной заправки емкости водой. Эффект синергии от смеси гербицидов

вызывал снижение расчетного сбора сахара на 19% при наличии в растворе БЭОФ остатков Каллисто в дозе 2% от нормы применения для кукурузы и на 42.4% – в дозе 3%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баздырев Г.И.* Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений М., 2004. 328 с.
2. *Федтке К.* Биохимия и физиология действия гербицидов. М.: Агропромиздат, 1985. 222 с.
3. *Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф.* Гербициды и экологические аспекты их применения. М.: Кн. дом “Либроком”, 2010. 152 с.
4. *Спирidonov Ю.Я., Жемчужин С.Г.* Современные проблемы изучения гербицидов (2006–2008) // Агрохимия. 2010. № 7. С. 73–91.
5. *Кошкин Е.И.* Патологическая физиология сельскохозяйственных культур. М.: Проспект, 2016. 359 с.
6. *Лебедев С.И.* Физиология растений. М.: Колос, 1982. 464 с.
7. *Дворянкин Е.А.* Методология оценки повреждений сахарной свеклы токсичными гербицидами, применяемыми на других культурах // Сахар. 2019. № 12. С. 32–35.

Influence of the Herbicide Callisto and Its Impurities in the Solution of Betanal Expert of on the Productivity of Sugar Beet in the Conditions of the Central Chernozem Region

E. A. Dvoryankin

*The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar,
VNIIS 86, Ramonsky district, Voronezh region 396030, Russia
E-mail: dvoryankin149@gmail.com*

Field trials testing effect of sublethal and reducing plant density doses of Kallisto herbicide on sugar beet plants depending on the crop development stage and weather conditions have been conducted. Characteristic symptoms of sugar beet damage at early development stages by the herbicide showing traits of morphological and physiological abnormalities in plants of the crop are described. In small doses, Kallisto actively inhibited mass increase, reduced plant density, and decreased sugar beet productivity indices. It was shown that admixtures of Kallisto in solution of Betanal Expert OF (1.3 l/ha) caused a synergetic effect enhancing negative influence of the herbicides' mixture on sugar beet plants.

Key words: sugar beet, herbicides, phytotoxicity, environment factors, productivity.