



Результаты мониторинга поврежденных градом посевов сои

© 2021. Н. И. Зайцев, В. Ю. Ревенко✉, Э. Г. Устарханова

ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», г. Краснодар, Российская Федерация

Исследования по изучению влияния градобития на продуктивность агроценозов сои проводили в 2020 году. Сравнивали поврежденные и неповрежденные градом участки с одним и тем же сортом или сортообразцом сои. Анализ проводили по 60 вариантам (сортам и сортообразцам). Цель исследований состояла в оценке потерь урожайности, обусловленных следующими факторами: снижением плотности агроценоза, дефолиацией листовой поверхности, повреждением стеблей растений, погодными условиями в оставшийся период вегетации после градобития. В результате выявлено, что атмосферные осадки в виде града негативно отразились на продуктивности всех поврежденных участков, независимо от фенотипа и группы спелости выращиваемых на них сортов и сортообразцов. Дефолиация большей части листовой поверхности (от 70 до 80 %) и переломы стеблей привели к снижению средней урожайности в питомниках предварительного и конкурсного сортоиспытания с 1,85 до 1,34 т/га (на 27,6 %), на семеноводческих и производственных посевах – с 2,04 до 1,53 т/га (на 25,0 %). Средний показатель высоты неповрежденных растений составил к уборке 92,5 см, а поврежденных – 67,4 см. Фенологические наблюдения показали, что чем ближе к концу вегетации произойдет повреждение посевов сои градом, тем негативнее будут его последствия. Ни на одном из поврежденных участков не наблюдалось полегания растений. Не отмечено поражения агроценозов сои болезнями, несмотря на значительное скопление в междурядьях потенциально патогенной растительной массы. Вероятно, этому способствовали засушливые и ветреные погодные условия в оставшейся после градобития части вегетационного периода.

Ключевые слова: градобитие, дефолиация, повреждения стеблей, фазы вегетации, урожайность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта» (тема 0684-2019-0012).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Зайцев Н. И., Ревенко В. Ю., Устарханова Э. Г. Результаты мониторинга поврежденных градом посевов сои. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021;22(1):67-75. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.67-75>

Поступила: 19.11.2020

Принята к публикации: 19.01.2020

Опубликована онлайн: 22.02.2020

Results of monitoring hail-damaged soybean crops

© 2021. Nikolai I. Zaitsev, Valery Yu. Revenko✉, Elmira G. Ustarkhanova

V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK), Krasnodar, Russian Federation

Studies of the impact of hailstorm on the productivity of soybean agroecosystems were carried out in 2020. Hail damaged and undamaged areas sown with the same soybean variety or sample have been compared. The analysis was carried out on 60 variants (varieties and samples). The aim of the studies was to assess yield losses due to the following factors: reduced density of agroecosystem, leaf surface defoliation, damage to plant stems, weather conditions during the rest of the growing season after the hailstorm. It has been established that hail precipitation negatively affected the productivity of all damaged areas, regardless of the phenotype and ripeness group of varieties and samples. Defoliation of the most part of the leaf surface (from 70 to 80 %) and stems breaks led to decrease in the average yield in nurseries of preliminary and competitive variety testing from 1.85 t/ha to 1.34 t/ha (by 27.6 %), in seed and industrial sowings – from 2.04 to 1.53 t/ha (by 25.0 %). The average height of undamaged plants was 92.5 cm before harvesting, and 67.4 cm for damaged plants. Phenological observations showed that the closer to the end of the growing season the soybean crops are damaged by hail, the more negative the results. No plant lodging was observed at any of the damaged areas. There were no diseases affecting soybean agroecosystems, despite the significant accumulation of potentially pathogenic plant mass in the row spacing. This was probably due to dry and windy weather conditions during the rest of the growing season after the hailstorm.

Keywords: hailstorm, defoliation, stem damage, vegetation phases, yield

Acknowledgements: the research was carried out under the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Scientific Center «V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops» (theme No. 0684-2019-0012).

The authors thank the reviewers for their contribution to the here review of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Zaitsev N. I., Revenko V. Yu., Ustarkhanova E. G. Results of monitoring hail-damaged soybean crops. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(1):67-75. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.67-75>

Received: 19.11.2020

Accepted for publication: 19.01.2020

Published online: 22.02.2020

Сельскохозяйственное производство более чем другие отрасли экономики зависит от погодных условий. Опасные гидрометеорологические явления, в том числе осадки в виде града, оказывают негативное влияние на его эффективность. Мировые потери сельхозпродукции от градобития составляют более 11 миллиардов долларов в год, в том числе в Российской Федерации – около 740 млн. Причем данные по ущербу отображают только прямые потери агропромышленной продукции без учета стоимости этой продукции после переработки и реализации. Кроме того, они нередко являются ориентировочными из-за отсутствия точного учета [1, 2].

В России наибольшей градоопасностью отличаются Северный Кавказ, Алтайский край и юг Приморского края. В Северо-Кавказском регионе нередко градовые явления наблюдаются в южной части Краснодарского и Ставропольского краев, Карачаево-Черкессии, Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, где среднегодовое число дней с градом варьирует от 2 до 4 и более, а площади градобитий достигают от 8 до 16 % посевов сельскохозяйственных культур [3].

В Краснодарском крае градоопасными считаются: Лабинский, Отраденский, южные части Курганинского и Новокубанского районов. В указанных районах град обычно выпадает «пятнами» или полосами, преимущественно во второй половине дня, в период максимального развития термической конвекции. Продолжительность выпадения града варьирует от десятков секунд до 90 мин, но в 90 % случаев в среднем составляет от 5 до 10 мин. При суперячейковых и многоячейковых процессах град выпадает в виде полосы шириной от 2 до 20 км, длиной до 100-200 км. При внутримассовых процессах град выпадает в виде отдельных пятен площадью от 0,1 до 20 км². По данным многолетних радиолокационных и наземных наблюдений (310 случаев), на Северном Кавказе длина градовых дорожек варьирует от сотен метров до 170 км при среднем значении около 20 км, а их ширина – от сотен метров до 30 км. Площадь выпадения града из одного градового облака колеблется от нескольких гектаров до нескольких десятков тысяч гектаров [4].

Размер градин в 70 % случаев составляет менее 20 мм, в 25 % случаев – от 20 до 30 мм и

в 30 % случаев наблюдается крупный град диаметром от 30 мм и более [5].

Плотность градин изменяется в широких пределах – от 0,20 до 0,93 г/см³, наиболее часто она составляет около 0,83 г/см³. На поверхности земли может наблюдаться выпадение в среднем около 1,5 тыс. градин на 1 м², начиная от одной до 47 тыс. градин [6]. Кинетическая энергия града в среднем составляет около 10 Дж/м², достигая в случае катастрофических градобитий 900 Дж/м², но в большинстве случаев не превышает 400 Дж/м² со степенью повреждения посевов от 20 до 60 % [7]. Обладая столь мощной и разрушительной силой, градины с легкостью перебивают стебли практически любых растений.

Повреждение посевов градом напрямую отражается на их продуктивности. Влиянию данного опасного природного явления на урожайность сельскохозяйственных культур посвящено немало исследований [8, 9, 10]. В части из них изучаются процессы восстановления посевов сои после градобития, как наименее устойчивых к повреждениям, наносимых градинами. Известны работы, ведущиеся в указанной области исследований в Западной Европе, США, Канаде, Китае и других регионах [11, 12]. Данные по РФ крайне немногочисленны и не систематизированы.

Анализ данных, имеющихся в открытых источниках, показывает, что снижение продуктивности посевов сои после градобития зависит от того, на какой фазе вегетации произошло повреждение растений, от характера повреждений и площади нанесенного ущерба. Наносимый градом ущерб – это, как правило, сочетание дефолиации листьев и поломки стеблей, которое впоследствии негативно отражается на дальнейшем росте и развитии растений. Так, по мнению канадских исследователей, если повреждение града ограничено дефолиацией только листьев в фазу развития 2-го или 3-го тройчатого листа, потери урожайности будут, скорее всего, минимальными [13]. Если происходит разрыв основного стебля растения, снижение продуктивности сои может быть высоким. В случае, если нетронутыми остались только семядольные листья, то повторный рост может произойти из подмышечных почек, но средняя ожидаемая потеря урожая составит около 45 %. Если остаются

семядольные и тройчатые листья (при 60-80 % повреждений стебля), можно ожидать 18-25 % потерь урожая. Наконец, если нарушаются только тройчатые листья (при 20-40 % стеблевых повреждениях), то ожидается минимальное снижение продуктивности. Рост возобновится с оставшегося верхнего листового узла. В самом неблагоприятном варианте, если растение срезано градиной ниже семядольных листьев – повторного роста сои не будет.

Исследования, проведенные в США, показали, что потенциальная потеря урожая на соевых полях, поврежденных градом, может быть результатом: уменьшения площади листьев, повреждений и ушибов растений, гибели стеблестоя [14]. Удаление 60-80 % узлов стебля на стадии 2-го тройчатого листа или 40 % узлов на стадии 6-го тройчатого листа наверняка отразится на потенциальной урожайности посевов сои. Тем не менее, поскольку растения данной зернобобовой культуры обладают неплохой способностью к восстановлению после града путем разветвления, потенциальная потеря урожая из-за сокращения вегетативной массы на ранних стадиях роста не должна вызывать особого беспокойства.

Приведенные выше рассуждения и рекомендации действительны для зон возделывания в США и Канаде. Возможно ли их использование в одной из наиболее градоопасных зон РФ – Северо-Кавказской? В рамках данной статьи попытаемся дать ответ на поставленный вопрос, проанализировав результаты оценки компенсационной способности поврежденных градом агроценозов сои к сохранению потенциала продуктивности в условиях юга России.

Цель исследований – оценить общие потери урожайности поврежденных градом посевов сои, обусловленные следующими факторами: снижением плотности агроценоза, дефолиацией листовой поверхности, повреждением стеблей растений, погодными условиями в течение оставшейся после градобития части вегетационного периода. А также изучить влияние указанного погодного фактора на возможное заражение поврежденных растений болезнями и полегание стеблестоя.

Материал и методы. Исследования по изучению влияния градобоя на продуктивность соевых посевов проводили в 2020 году в питомниках конкурсного и предварительно-

го сортоиспытания и на участках первичного семеноводства Армавирской опытной станции Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. В отличие от зарубежных методик [15, 16], когда оценивают влияние степени искусственной дефолиации листьев (10 %, 20...100 % от общего количества) и принудительной поломки стеблей на урожайность сои, нами была проведена оценка влияния реального градобоя на исследуемый фактор.

В качестве контрольных брались делянки с неповрежденными растениями, находящимися на другом конце поля и не подверженные градобитию. Уникальность проводимых исследований состоит также в том, что влияние градобоя на продуктивность сои оценивалось не на одном-двух сортах, а на 60-ти сортах и сортообразцах самого разнообразного фенотипа и групп спелости. Статистическая обработка сопряженных парных наблюдений выполнена методом попарных сравнений (оценена существенность средней разности)¹.

Площадь каждой делянки в питомнике предварительного и конкурсного сортоиспытания составляла 28 м², питомника исходного материала – 14 м². Повторность делянок 4-кратная, размещение – рендомизированное. Размер делянок участка первичного семеноводства – 1,1 га. Закладку и анализ опытов проводили в соответствии с типовой методикой².

Технология возделывания сои – общепринятая для данной зоны [17]. Для защиты посевов от сорной растительности использовали зарегистрированные в РФ гербициды. Инсектициды не применяли. С целью получения более объективной оценки влияния градобития на продуктивность исследуемой культуры фунгицидные обработки не проводили, так как к негативным факторам, влияющим на урожайность, кроме дефолиации, относится также возможное заражение поврежденных растений болезнями.

Почва опытных участков – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый малогумусный, сформированный на лессовидном карбонатном тяжелом суглинке. Мощность гумусового горизонта составляет 90-120 см. Содержание гумуса в пахотном слое – от 4,2 до 4,8 %, в подпахотном – от 3,7 до 4,2 %. Общая скважность пахотного слоя 60-65 %, физической глины – до 40 %.

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов. М., 1985. 351 с.

²Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Под общ. ред. В. М. Лукомца. Краснодар: ООО РИА «АлВи-дизайн», 2010. 328 с.

Зона проведения исследований характеризуется неустойчивым, часто недостаточным увлажнением. Грунтовые воды залегают ниже 10 м и практического влияния на формирование урожая не оказывают.

Погодные условия в период вегетации сои в 2020 году отличались от среднесуточных значений большим количеством осадков в начальный период и практически полным их отсутствием в конце вегетации. Соответствующие гидротермические коэф-

фициенты в мае-июне составляли 2,02-1,77, августе и сентябре – 0,12-0,31. Последние цифры характерны для зоны аридного земледелия. Сумма активных температур за вегетацию была выше примерно на 10 % среднесуточного значения. В таких непростых, практически стрессовых погодных условиях происходило восстановление поврежденных градом посевов сои. Результаты метеонаблюдений сгруппированы по месяцам и приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Погодные условия в зоне проведения исследований, 2020 г. / Table 1 – Weather conditions in the research area, 2020 г.

| Показатель / Indicator | Май / May | Июнь / June | Июль / July | Август / August | Сентябрь / September | За вегетацию / For the growing season |
|--|-----------|-------------|-------------|-----------------|----------------------|---------------------------------------|
| Температура воздуха, °C / Air temperature, °C | 16,3 | 22,4 | 25,6 | 23,5 | 21,9 | 3378,3 |
| Среднесуточная температура воздуха, °C / Average long-term air temperature, °C | 16,6 | 20,3 | 23,1 | 22,6 | 17,4 | 3062,3* |
| Количество осадков, мм / Precipitation, mm | 102,1 | 119,0 | 75,3 | 8,8 | 21,0 | 326,2 |
| Среднесуточное количество осадков, мм / Average long-term annual precipitation, mm | 64,6 | 76,3 | 56,2 | 54,6 | 43,6 | 295,3 |
| ГТК / GTK | 2,02 | 1,77 | 0,95 | 0,12 | 0,31 | 0,97 |
| ГТК среднесуточный / Average long-term GTK | 1,26 | 1,25 | 0,78 | 0,78 | 0,83 | 0,96 |

*Сумма активных температур / Sum of active temperatures

Результаты и их обсуждение. Посев семян был проведен в 3-й декаде апреля. Недостаточные запасы продуктивной влаги в почве, накопленные за весенне-зимний период, и относительно холодная весна затянули процесс появления всходов. После выпадения обильных майских осадков вегетационная активность растений заметно повысилась. Переувлажнение верхнего слоя почвы не способствовало заглублению корней в нижние горизонты почвы, в результате от 80 до 90 % корневой системы локализовалось в слое 0-30 см.

Сильный град выпал 24 июня в фазы ветвления (для большинства образцов сои) и начала цветения (для сортообразцов ранней группы спелости) и полностью нарушил вегетационный цикл растений. Данный неблагоприятный погодный фактор – нередкое явление в зоне проведения исследований, но его интенсивность была значительно выше средней. Диаметр градин варьировал от 10 до 35 мм. Продолжительность выпадения града составила около 20 минут. Градовые явления сопровождалась обильными ливне-

выми осадками (по данным метеослужбы – 39 мм за несколько часов) и шквалистым ветром с максимальной скоростью до 24 м/с.

Высокая кинетическая энергия падающих градин и наклон растений под действием ветра привели к повреждению не только листовой поверхности, но и стеблей, которые были перебиты сразу в нескольких местах. В некоторых случаях от растений оставались только обломки главного стебля с потерей почти всего листового покрова. В результате стебли растений были сломаны, листовой аппарат уничтожен на 70-80 %, остаток неповрежденной вегетативной массы составил 20-30 % в зависимости от сортообразца. Уменьшилась и плотность стеблестоя, вследствие полной гибели некоторой части растений. Густота стояния снизилась на 10,5 %. Выживаемость растений к уборке в контроле составила 84,2 %, на поврежденных градом делянках – 78,1 %.

Опавшей вегетативной массой была устлана вся поверхность почвы. Заметим, что данный факт и сильный наклон стеблей не позволили в дальнейшем провести междуряд-

ную культивацию с целью снижения количества патогенно опасных очагов. Вид селекционного поля был удручающим. Но, как было отмечено предыдущими исследователями, повреждения растений обычно выглядят хуже, чем есть на самом деле, особенно в первые несколько дней после градобития [13]. В результате последующих фенологических наблюдений выявлено, что рваные и измельченные листья, которые оставались зелеными и хоть немного были прикреплены к растению, продолжали процесс фотосинтеза. Следует отметить, что растения сои обладают исключительной способностью компенсировать уменьшение плотности агроценоза или существенное снижение листового аппарата. Они способны

разветвляться после дефолиации листьев и поперечных повреждений стеблей.

По нашим наблюдениям, если верхняя точка роста либо пазушные почки оставались нетронутыми после града, то вскоре появлялись новые ветви и листья, даже если град уничтожил почти всю надземную листву и некоторые узлы. В дальнейшем, несмотря на сильнейший стресс, растения сои постепенно распрямлялись и восстанавливались. Но данный процесс у различных сортов и сортов образцов протекал по-разному. На рисунках 1 и 2 приведены результаты повреждения соседних делянок селекционного питомника, их состояние в фазу налива семян и перед уборкой.



Рис. 1. Восстановление растений сои линии ЛА-9-19 после градобития по фазам онтогенеза / Fig. 1. Restoration of LA-9-19 line soya plants after the hailstorm according to ontogenesis phases



Рис. 2. Восстановление растений сои линии ЛА-10-19 после градобития по фазам онтогенеза / Fig. 2. Restoration of LA-10-19 line soya plants after the hailstorm according to ontogenesis phases

Даже по внешнему виду незатруднительно определить, что урожайность линии ЛА-9-19 будет намного ниже, чем ЛА-10-19. В действительности, данный показатель в первом случае составил 0,65 т/га, а во втором – 1,44 т/га.

Поврежденные градом растения запаздывали с развитием относительно неповрежденных. В случае среза главного стебля, дальнейший компенсационный рост растения происходил за счет удлинения вверх боковых ветвей, но к концу созревания отставание в росте было ощутимым. Так, усредненный по 60-ти сортаобразцам показатель высоты

растений питомников конкурсного и предварительного сортоиспытания к уборке составил 92,5 см у неповрежденных растений и 67,4 см – у поврежденных, при соответствующих высотах прикрепления нижнего боба 15,9 и 14,1 см.

Дальнейший мониторинг растений показал, что практически все нарушенные участки эпидермиса, кутикулы и колленхима успешно восстановились. Ушибы и даже переломы, нанесенные ударами градин, были окутаны перераспределенными лубяными волокнами и придали стеблям необходимую для дальнейшей вегетации прочность и упругость (рис. 3).



Рис. 3. Результат регенерации поврежденной градом части стебля /
Fig. 3. Result of regeneration of the part of the stem damaged by hail

Тем не менее, даже восстановившиеся после градобоя посевы сои существенно снизили свою продуктивность. Средняя урожайность на поврежденных градом делянках питомников предварительного (ПСИ) и конкурсного сортоиспытания (КСИ) составила 1,34 т/га против 1,85 т/га на нетронутых градом участках. Уровень снижения составил 27,6 % (рис. 4).

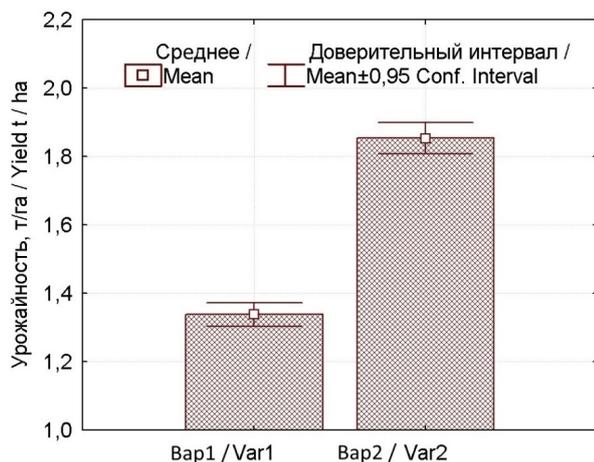


Рис. 4. Средняя урожайность сои на поврежденных (вариант 1) и неповрежденных (вариант 2) градом участках ПСИ и КСИ /

Fig. 4. Average yield of soybeans in areas damaged (variant 1) and undamaged (variant 2) by hail, of preliminary variety testing and competitive variety testing

Указанное снижение продуктивности посевов, возможно, объясняется следующей аргументацией. Каждое растение сои имеет от 6 до 20 узлов на главном стебле, 1-3 грозди цветков на каждом узле, 6-12 цветков на гроздь или 36-720 цветков на одно растение. Даже с учетом того, что к концу вегетации 65-75 % цветков и бобов погибают, оставшиеся соевые бобы должны ежедневно получать питательные вещества. Но у сои для хранения питательных веществ нет такого большого стебля или длинных листьев, как, например, у кукурузы, поэтому они полагаются на ежедневное питание, обеспечиваемое фотосинтезом той листовой поверхности, которая их окружает.

Каждая тройка листьев снабжает цветки и бобы на соответствующем узле. Поэтому тройчатые листья очень важны для растения сои. Если их нет, или их количество снижено из-за поврежденных и срезанных стеблей, то нет и полноценного питания растений. В пользу приведенных аргументов свидетельствуют пониженное количество бобов на поврежденных растениях (в среднем, вдвое ниже, чем в контроле) и в 2,25 раза меньший вес семян с одного растения.

В таблице 2 приведены результаты оценки средней урожайности сои по сортам, полученной с производственных и семеноводческих посевов, а также с делянок демонстрационных опытов. Как следует из табличных данных, от негативного воздействия осадков в виде града произошло существенное снижение урожайности сои (от 21,4 до 26,7 %) при среднем показателе – 25,0 %.

Таким образом, градовые процессы негативно отразились на продуктивности всех поврежденных участков, независимо от фенотипа и группы спелости выращиваемых на них сортов и сортообразцов сои. Дефолиация большей части листовой поверхности (от 70 до 80 %) и повреждение стеблестоя привели к недобору урожая в питомниках предварительного и конкурсного сортоиспытания в среднем на 27,6 %, на семеноводческих и производственных участках – на 25,0 %.

Полученные результаты оказались несколько выше аналогичных показателей, приведенных специалистами университета штата Небраска (США). По их данным, 50-процентная дефолиация листьев в фазу начала цветения может снизить показатели урожайности сои на 11 %, 80-процентная – на 20 %, 100-процентная – на 40 %. В фазу начала налива семян соответствующее снижение составит 15 %, 35 и 84 % [18]. То есть, чем ближе к концу вегетации произойдет повреждение стеблестоя сои градом, тем негативнее будут последствия.

Таблица 2 – Снижение урожайности сортов сои от градобития на производственных и семеноводческих посевах /

Table 2 – Decrease in the yield of soybean varieties due to hail damage in industrial and seed sowings

| <i>Сорт / Variety</i> | <i>Урожайность на участках, т/га / Yield on areas, t/ha</i> | | <i>Разность, т/га / Difference, t/ha</i> | <i>Процент снижения, % / Reduction percentage, %</i> |
|---------------------------------------|---|-----------------------------------|--|--|
| | <i>контрольных / control</i> | <i>поврежденных / damaged</i> | | |
| Весточка / Vestochka | 2,216 | 1,660 | 0,556 | 25,1 |
| Зара / Zara | 2,167 | 1,630 | 0,537 | 24,8 |
| Парус / Parus | 2,079 | 1,571 | 0,508 | 24,4 |
| Кора / Kora | 2,074 | 1,520 | 0,554 | 26,7 |
| Дуар / Duar | 1,936 | 1,411 | 0,525 | 27,1 |
| Дуниза / Duniza | 1,766 | 1,388 | 0,378 | 21,4 |
| Среднее / Average | 2,040 | 1,530 | 0,510 | 25,0 |
| НСР ₀₅ / LCD ₀₅ | - | - | 0,071 | - |

Но, следует учесть, что в нашем случае исследовались последствия воздействия реального града на посеvy сои, а не искусственной дефолиации листьев. Кроме того, засушливые условия конца вегетации также сыграли свою негативную роль в формировании потенциала продуктивности исследуемой зернобобовой культуры. Тем не менее, полученное в питомниках снижение урожайности сопоставимо с аналогичными показателями на семеноводческих и других участках, что позволяет судить об их объективности.

Результаты фенологических наблюдений за развитием поврежденных градом растений сои, а также зарубежный опыт страховых компаний дают основание для некоторых предварительных рекомендаций по методике оценки вероятного ущерба от градобития на посевах сои.

Оценить состояние точки роста можно вскоре после градовых осадков, но принимать решение относительно потенциальной урожайности поля преждевременно. Необходимо дать растениям некоторое время для восстановления. Начало роста листьев и отростков после града начинается через 5-8 дней. Чтобы более точно оценить возможные потери урожая, мониторинг посевов следует проводить через 8-12 дней после происшедшего негативного события. К этому времени можно будет намного точнее различать живые растения и растения, неспособные противостоять повреждению градом или последующему заражению болезнями. В процессе дальнейшей вегетации необходимо следить за возможным развитием болезней растений сои и их полеганием,

а также не допускать увеличения засоренности посевов, обусловленной повышенным проникновением солнечного света в дефолированные участки и участки, открытые в результате наклона стеблей к поверхности почвы.

Тем не менее, ожидаемые потери урожая из-за повреждений и снижения плотности агроценозов будут лишь приблизительными. Точные данные об ущербе невозможно полностью определить до сбора урожая. Но, как правило, большинство сортов в результате дефолиации листьев на более поздних стадиях вегетации имеют меньше возможностей для компенсации потерь репродуктивных органов.

Таким образом, при проведении оценки потенциала продуктивности поврежденных градом посевов сои следует учитывать: степень дефолиации листовой массы, потерю части стеблестоя, количество ушибов и переломов стеблей, возможное заражение поврежденных растений болезнями, полегание растений в конце сезона, количество сорной растительности, климатические условия в течение оставшейся части вегетационного периода.

В дополнение следует отметить, что ни на одном из поврежденных участков нами не наблюдалось полегания растений. Также полностью отсутствовало поражение посевов сои болезнями, несмотря на значительное скопление потенциально патогенной растительной массы, оставшейся в междурядьях. В данном случае свою положительную роль сыграло отсутствие большого количества осадков в последующие фазы онтогенеза и широкие междурядья, способствующие пересыханию

опавшей листвы и её нейтрализации как источника патогенной микрофлоры. Кроме того, укрытие междурядий опавшими листьями позволило дольше сохранять почвенную влагу на открытых участках стеблестоя.

Заключение. Осадки в виде града негативно отразились на продуктивности всех поврежденных посевов сои. Дефолиация большей части листовой поверхности (от 70 до 80 %) и повреждение стеблей привели к недобору урожая в питомниках предварительного и конкурсного сортоиспытания в среднем на 27,6 %, на семеноводческих и производственных участках – на 25,0 %. Чем ближе к концу вегетации произойдет повреждение стеблестоя сои

градом, тем негативнее будут его последствия. Как правило, большинство сортов сои на поздней стадии вегетации имеют меньше возможностей для компенсации утраты репродуктивных органов и подвержены большему риску потери урожая в результате дефолиации листьев и тотального повреждения стеблей.

Потеря листовой массы, снижение густоты стояния, ушибы и переломы стеблей, возможное заражение поврежденных растений болезнями и условия окружающей среды в течение оставшейся части вегетационного периода являются основными факторами, влияющими на потенциал продуктивности сои после интенсивных осадков в виде града.

References

1. Púčík T., Castellano C., Groenemeijer P., Kühne T., Rädler A., Antonescu B., Faust E. Large Hail Incidence and Its Economic and Societal Impacts across Europe. *Mon. Wea. Rev.* 2019;147(11):3901-3916. DOI: <https://doi.org/10.1175/MWR-D-19-0204.1>
2. Prein A., Holland G. Global estimates of damaging hail hazard. *Wea. Climate Extremes.* 2018;22:10-23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2018.10.004>
3. Абшаев М. Т., Малкарова А. М. Оценка эффективности предотвращения града. СПб.: Гидрометеоздат, 2006. 280 с.
Abshaev M. T., Malkarova A. M. *Otsenka effektivnosti predotvrashcheniya grada*. [Evaluation of the effectiveness of hail preventing]. Saint Petersburg: *Gidrometeoizdat*, 2006. 280 p.
4. Абшаев М. Т., Абашев А. М., Барекова М. В., Малкарова А. М. Руководство по организации и проведению противорадовых работ. Нальчик: Печатный двор, 2014. 508 с.
Abshaev M. T., Abashev A. M., Barkov M. V., Makarov A. M. *Rukovodstvo po organizatsii i provedeniyu protivogradovykh rabot*. [Guide for the organization and conduct of hail preventive work]. Nal'chik: *Pechatnyj dvor*, 2014. 508 p.
5. Kumjian M. R., Lebo Z. J., Ward A. M. Storms producing large accumulations of small hail. *J. Appl. Meteor. Climatol.* 2019;58(2):341-364. DOI: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-18-0073.1>
6. Punge H. J., Kunz M. Hail observations and hailstorm characteristics in Europe: A review. *Atmos. Res.* 2016;176-177:159-184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.02.012>
7. Heymsfield A. J., Giammanco I. M., Wright R. Terminal velocities and kinetic energies of natural hailstones. *Geophys. Res. Lett.* 2014;41(23):8666-8672. DOI: <https://doi.org/10.1002/2014GL062324>
8. Влияние опасных природных явлений на урожай сельскохозяйственных культур – как снизить его. Защита и карантин растений. 2016;(9):8-10. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26712040>
Vliyanie opasnykh prirodnykh yavleniy na urozhay sel'skokhozyaystvennykh kul'tur – kak snizit' ego. [The impact of natural hazards on crop yields - how to reduce it. Plant protection and quarantine]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2016;(9):8-10. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26712040>
9. Battaglia M., Lee C., Thomason W., Fike J., Sadeghpour A. Hail Damage Impacts on Corn Productivity. A Review. *Crop Science.* 2019;59(1):1-14. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.04.0285>
10. Vollmer J., Johnson B. L., Deckard E. L., Rahman M. Evaluation of simulated hail damage on seed yield and agronomic traits in canola (*Brassica napus* L.) *Canadian Journal of Plant Science.* 2020;100(6):96. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjps-2020-0036>
11. Hager A. How might soybean yield be affected by hail damage? Department of Crop Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, June 24, 2016. URL: <https://farmdoc.illinois.edu/field-crop-production/uncategorized/3668.html>
12. Goldblum D. Sensitivity of Corn and Soybean Yield in Illinois to Air Temperature and Precipitation: The Potential Impact of Future Climate Change. *Physical Geography.* 2009;30(1):27-42. DOI: <https://doi.org/10.2747/0272-3646.30.1.27>
13. Licht M., Sisson A., Mueller D., McGrath C. Hail on Soybean in Iowa. Iowa State University Extension and Outreach. IPM 0079. 2016. 1-8. URL: <https://store.extension.iastate.edu/product/14792>
14. Conley S., Pedersen P., Christmas E. Main-stem node removal effect on soybean seed yield and composition. *Agronomy Journal.* 2009;101(1):120-123. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0123>

15. Pavek M., Shelton S., Holden Z., Weddell B. Impact of Canopy Destruction from Simulated Hail on Potato Yield and Economic Return. *American Journal of Potato Research*. 2018;95(1):33-44.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-017-9612-2>

16. Sisson A. J., Kandel Y. R., Hart C. E., Asmus A., Wiggs S. N., Mueller D. S. Effect of foliar fungicide and insecticide on hail-damaged soybean. *Plant Health Prog.* 2016;17(2):141-148.

DOI: <https://doi.org/10.1094/PHP-RS-16-0012>

17. Инновационные технологии возделывания масличных культур. Под общ. ред. В. М. Лукомца. Краснодар: Просвещение-Юг, 2017. 256 с.

Innovatsionnye tekhnologii vozdelevaniya maslichnykh kul'tur. [Innovative technologies for cultivation of oil plants]. *Pod obshch. red. V. M. Lukomtsa*. Krasnodar: Prosveshchenie-Yug. 2017. 256 p.

18. Klein R. N., Shapiro Ch. A. Evaluating Hail Damage to Soybeans. University of Nebraska Extension. EC128. 2011. URL: <https://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/ec128.pdf>

Сведения об авторах

Зайцев Николай Иванович, доктор с.-х. наук, врио директора, Армавирская опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», пос. Центральной усадьбы опытной станции ВНИИМК, г. Армавир, Краснодарский край, Российская Федерация 352925, e-mail: stanciya-vniimk@yandex.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2994-995X>

✉ **Ревенко Валерий Юрьевич**, кандидат техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сои, Армавирская опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», пос. Центральной усадьбы опытной станции ВНИИМК, г. Армавир, Краснодарский край, Российская Федерация 352925, e-mail: stanciya-vniimk@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0336-5323>, e-mail: skskniish@rambler.ru

Устарханова Эльмира Гереевна, кандидат с.-х. наук, заведующая лабораторией селекции и семеноводства сои, Армавирская опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», пос. Центральной усадьбы опытной станции ВНИИМК, г. Армавир, Краснодарский край, Российская Федерация 352925, e-mail: stanciya-vniimk@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2809-4462>

Information about the authors

Nikolai I. Zaitsev, DSc in Agricultural Science, Acting Director, Armavir Experimental Station – a branch of the «Federal Scientific Center «V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops», settlement Central estate of the VNIIMK experimental station, Armavir, Krasnodar Territory, Russian Federation, 352925, e-mail: stanciya-vniimk@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2994-995X>

✉ **Valery Yu. Revenko**, PhD in Engineering, leading researcher, Laboratory of Soybean Breeding and Seed Production, Armavir Experimental Station – a branch of the «Federal Scientific Center «V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops», settlement Central estate of the VNIIMK experimental station, Armavir, Krasnodar Territory, Russian Federation, 352925, e-mail: stanciya-vniimk@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0336-5323>, e-mail: skskniish@rambler.ru

Elmira G. Ustarkhanova, PhD in Agricultural Science, Head of the Laboratory of Soybean Breeding and Seed Production, Armavir Experimental Station – a branch of the «Federal Scientific Center «V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops», settlement Central estate of the VNIIMK experimental station, Armavir, Krasnodar Territory, Russian Federation, 352925, e-mail: stanciya-vniimk@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2809-4462>

✉ – Для контактов / Corresponding author