

УДК 635.63:432

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические науки, сельскохозяйственные науки)

АНОМАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ (ФАСЦИАЦИЯ) У РАСТЕНИЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Цаценко Людмила Владимировна
д-р. биол. наук, профессор, кафедра генетики, селекции и семеноводства
AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841000
lvt-lemna@yandex.ru

Жабатинская Юлия Владимировна
аспирант, SPIN-код: 6691-1639, AuthorID: 968204

*Кубанский государственный аграрный
Университет имени И.Т. Трубилина, Россия, Краснодар
350044, Калинина 13*

Логвинов Алексей Викторович
доктор с.-х наук, SPIN-код: 5192-1789
logvinov_alex@list.ru
*ФГБНУ «Первомайская селекционно-опытная станция
сахарной свеклы», Россия*

Растения с фасциацией – явление редкое. Впервые представлен материал со всеми типами фасциации у сахарной свеклы: корнеплода, листьев и цветоносного побега. Несмотря на широкое распространение данной культуры на сегодняшний день мы еще имеем недостаточно знаний о процессах органогенеза у сахарной свеклы, о морфологических изменениях растений на фоне меняющегося климата. С другой стороны, с выходом на рынок биотехнологических гибридов, активному внедрению их в аграрное производство, актуальным становится изучение особенностей формирования растения на различных этапах органогенеза. Цель исследования состояла в том, чтобы описать и обобщить ранние сообщения о симптомах фасциации у сахарной свеклы, сравнить полученные визуальные образы с имеющимися данными. Анализ визуальных образов позволил выявить многогранность проявления явления фасциации у растений сахарной свеклы. Впервые описаны случаи кольцевой фасциации листьев, рассмотрены различные случаи лентовидной фасциации цветоносного стебля, а также отмечены аномалии развития корнеплода

Ключевые слова: САХАРНАЯ СВЕКЛА, ЯВЛЕНИЕ ФАСЦИАЦИИ, ТЕРАТЫ, АНОМАЛИИ РАЗВИТИЯ У СВЕКЛЫ, ФЕНОМЕН ФАСЦИАЦИИ, НАРУШЕНИЕ ОРГАНОГЕНЕЗА У САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-191-017>

UDC 635.63:432

4.1.2. Plant breeding, seed production and biotechnology (biological sciences, agricultural sciences)

ABNORMAL DEVELOPMENT (FASCIATION) IN SUGAR BEET PLANTS

Tsatsenko Luidmila Vladimirovna
Dr.Sci.Biol., professor,
Chair of genetic, plant breeding and seeds
AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841
000 lvt-lemna@yandex.ru

Zhabatinskaya Yulia Vladimirovna
postgraduate student,
RSCI SPIN-code: 6691-1639, AuthorID: 968204
*Kuban State Agrarian University named after I.T.
Trubilin”, Krasnodar, Kalinina 13, Russia*

Logvinov Alexey Viktorovich
Dr.Sci.Agr., RSCI SPIN-code: 5192-1789
logvinov_alex@list.ru
*Federal State Budgetary Scientific Institution
"Pervomayskaya selection and experimental station of
sugar beet", Russia*

Plants with fasciation are rare. For the first time, material with all types of fasciation in sugar beet is presented: root crop, leaves and flowering shoot. Despite the wide distribution of this culture, today we still have insufficient knowledge about the processes of organogenesis in sugar beet, about morphological changes in plants against the backdrop of a changing climate. On the other hand, with the entry into the market of biotechnological hybrids, their active introduction into agricultural production, it becomes relevant to study the features of plant formation at various stages of organogenesis. The aim of the study was to describe and summarize the early reports of symptoms of fasciation in sugar beet, to compare the obtained visual images with the available data. The analysis of visual images made it possible to reveal the versatility of the manifestation of the phenomenon of fasciation in sugar beet plants. For the first time, cases of annular fasciation of leaves are described, various cases of ribbon-like fasciation of a flower-bearing stem are considered, and anomalies in the development of the root crop are noted

Keywords: SUGAR BEET, FASCIATION PHENOMENON, TERATS, DEVELOPMENTAL ANOMALIES IN BEETROOT, FASCIATION PHENOMENON, ORGANOGENESIS DISORDER IN SUGAR BEET

Фасциация является широко-распространенным феноменом среди сосудистых растений. Термин фасциация отражает изменения стебля, которое проявляется как сплюснутое или лентовидно-расширенное состояние. Появление фасциации в некоторых случаях может быть вызвано инфекцией от действия бактерии *Rhodococcus fascians* (Crespi et al., 1992) или действием бактерии *Corynebacterium fascians* (Murai et al., 1980). Позже было показано, что инфекции бактериального типа вызывают фасциации у агрономически важных растений, что успешно было продемонстрировано у сои, активность гена *fa* вызывала появление фасций на стебле.

Спонтанное образование фасциаций у агрономически-значимых растений отмечено было в разное время. Как отмечает Goldman, I.L. (1998). Это явление наблюдали у сои (1994), томата (1992), дыни (1988), гороха (1977), нута (1993), голубиногороха или каяна (1976), салата (1980) (Goldman, I.L. (1998). В ряде случаев фасциация становится интересным объектом для изучения в плане инновационного подхода к изменению габитуса растений, поиска продуктивных форм с новыми свойствами и характеристиками. Как отмечают А. Л. Zolkin¹, Е. V. Matvienko, М. V. Shavanov (2021) «поиск новых форм растений, отвечающих запросам рынка, может потребовать инновационного подхода к тератным образцам. Прежде всего, при селекционных исследованиях фасцированных растений актуален вопрос о наследственной фиксации. У ряда культурных растений: горох, томаты, цветная капуста, соя, удалось обнаружить и передать признак срастания(фасциации, увеличило продуктивность культуры).

В нашей работе представлены данные о фасциации у растений сахарной свеклы. Анализ литературы, проведенный с использованием различных поисковых систем: Google Scholar, Web of Science, Scopus и электронной библиотека e-library. Ключевые слова для поиска литературы включали: сахарная свекла, явление фасциации, тераты, аномалии

развития у свеклы, феномен фасциации, нарушение органогенеза у сахарной свеклы. Общая цель этого исследования состояла в том, чтобы описать и обобщить ранние сообщения о симптомах фасциации у сахарной свеклы, сравнить полученные визуальные образы с имеющимися данными.

Сахарная свекла это культура, которая имеет важное экономическое значение во всем мире. В 2019 году в мире было произведено 275 миллионов тонн сахарной свеклы, с более чем 30 миллионов тонн, произведенных в Соединенных Штатах. Площади посева сахарной свеклы в мире по итогам 2022 года составили 4,3 млн. га. Площади посева в РФ ежегодно составляют от 0.9 до 1.2 млн. га. Валовый сбор корнеплодов в РФ 2022 году составил 47,8 млн тонн при средней урожайности 47,5 т/га. Объем производства свекловичного сахара по сравнению с предыдущими двумя сезонами в 2022 году вырос на 9 % и составил 6,1 млн тонн.

Несмотря на широкое распространение данной культуры на сегодняшний день мы еще имеем недостаточно знаний о процессах органогенеза у сахарной свеклы, о морфологических изменениях растений на фоне меняющегося климата. С другой стороны, с выходом на рынок биотехнологических гибридов, активному внедрению их в аграрное производство, актуальным становится изучение особенностей формирования растения на различных этапах органогенеза.

Анализ литературных источников показал на сравнительно малое число публикаций, касающихся вопросов анализа возникновения тератных форм у растений сахарной свеклы как в отечественной, так и зарубежной литературе.

К первому изображению свеклы с фасциацией можно отнести иллюстрации свеклы из *Historia generalis plantarum* Жака Далешана. На древней иллюстрации изображено растение сахарной свеклы с ассоциированным цветоносом (1586 г.).

В нашей работе создана база образов визуальных ресурсов, которая разрабатывалась на протяжении нескольких лет с 2021-2023 гг. Фотографии сделаны в семеноводческом посеве материнской формы гибрида сахарной свеклы Корвет в филиале «Национального центра зерна имени П.П. Лукьяненко» – в научно-производственном хозяйстве «Кубань» Гулькевичского района.

Фотографии корнеплодов сделаны на свекле 2-го года жизни на пространственно-изолированных участках ФГБНУ Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свеклы, г. Гулькевичи.

Все растения 2-го года жизни.

Съемка проводилась Жабатинской Ю.В. с помощью камеры iPhone 11.

Первое масштабное исследование линий свеклы с фасциацией были сделаны И. Голдманом (Goldman I.L. 1998). Была исследована имбредная линия красной свеклы W411с фасцированным стеблем. Фенотипически линия характеризовалась расширенным стеблем в два раза превышающим в толщину обычный стебель. Отмечалось, что проявление фасциации цветоноса имеет сходные черты как у столовой, так и сахарной свеклы (Л. В. Цаценко, Ю. В. Жабатинская, А. В. Логвинов, 2021; L. Plantefo L, 1982).

На сегодняшний день не найдено маркеров фасциации у свеклы, идентификация растений происходит фенотипически. В нашей работе мы предприняли попытку описать какие типы фасциаций встречаются у сахарной свеклы, сравнительно молодого растения в агрономическом плане. На основе представленных визуальных образов, их анализа, можно отметить, что у сахарной свеклы чаще всего встречается фасциация цветоноса, лентовидного типа, где может быть срастание 2,3,5 и более стеблей (рисунки 1, 2, 3). Реже и даже как единичные случаи наблюдается фасциация листьев по радиальному типу (рисунок 4). Фасциация также затрагивает корнеплод, гораздо реже, чем другие части растения. В корнеплоде мы нашли срастание только двух корнеплодов (рисунок 5).



(a)



(б)

Рисунок 1 – Лентовидная фасциация в растений сахарной свеклы, 2022. Отмечено срастание двух-трех стеблей цветоноса (а) и множественном (б). В обоих случаях классическая лентовидная фасциация.



Рисунок 2 – Фасциация цветоносов сахарной свеклы, 2022



Рисунок 3 – Различные типы фасциации цветоноса у сахарной свеклы (полное срастание); срастание и расхождение; множественное срастание,



Рисунок 4 – Срастание листьев у растений сахарной свеклы по типу радиальной фасциации. (вызвана остаточным действием гербицида 2,4-Д диметиламинная соль. Снос гербицида при обработке посевов озимой пшеницы)

Голдман И. (Goldman I.L. 1998) обнаружив стеблевую фасциацию у красной свеклы, предложил символ *ff's* для описания работы генов при фасциации цветочного стебля.

Фасцированные фенотипы чаще всего обусловлены появлением единственного рецессивного гена. Как отмечает И. Голдман (1998) ранее было определено три рецессивных гена, обуславливающих три различные формы фасциации у арабидопсиса. Одиночные рецессивные гены фасциации были обнаружены у нута, сои, дыни и огурца.

К морфологическим признакам фасцированных растений у сахарной свеклы можно отнести: увеличение общего габитуса растения. Если это фасцированный цветоносный побег, где срастается от 2,4, и более стеблей у растения наблюдается увеличение всего габитуса (рисунок 6).



Рисунок 5 – Срастание корнеплода сахарной свеклы. 2023

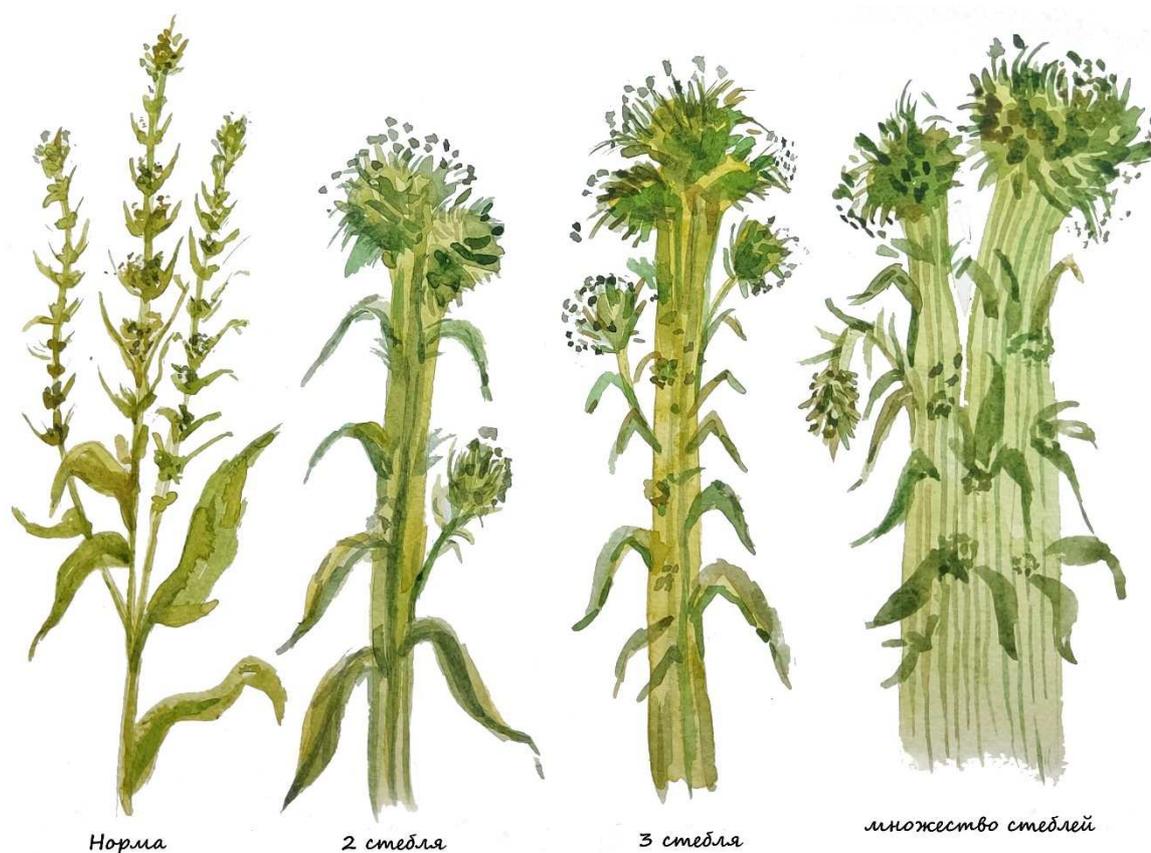


Рисунок 6 – Аномалии цветоноса у сахарной свеклы (рисунок А.Усовой), 2023

Анализ визуальных образов позволил выявить многогранность проявления явления фасциации у растений сахарной свеклы. Впервые описаны случаи кольцевой фасциации листьев, рассмотрены различные случаи лентовидной фасциации цветоносного стебля, а также отмечены аномалии развития корнеплода. Появления тератных растений у сахарной свеклы явления довольно редкое, в связи с этим до конца не ясны механизмы его возникновения. Однако полученный материал позволил сформировать коллекцию визуальных образов, чтобы проводить исследования данного явления дальше, глубже понимать в каких условиях появляются аномальные растения и как это сказывается на общей продуктивности всего растения сахарной свеклы.

Список литературы

1. Цаценко, Л. В. Явление фасциации у сахарной свеклы / Л. В. Цаценко, Ю. В. Жабатинская, А. В. Логвинов // Аграрная наука - сельскому хозяйству : сборник докладов по Материалам Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвященной 60-летию ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ», Майкоп, 17–19 ноября 2021 года / Адыгейский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. – Майкоп: Издательство "Магарин Олег Григорьевич", 2021. – С. 369-373.
2. Goldman I.L. Inheritance of ffs, a Gene Conditioning Fasciated Flower Stem in Red Beet / I.L.Goldman // Journal of the American Society for Horticultural Science jashs. – 1998 – 123(4), 632-634. Retrieved Jun 9, 2023, from <https://doi.org/10.21273/JASHS.123.4.632>
3. Plantefol L. Study of a fasciated stem of beetroot (*Beta vulgaris* L.) [Sugarbeet, plant anatomy] // Comptes rendus des seances de l'Academie des sciences. Serie III: Sciences de la vie. – 1982.
4. Zolkin A. L., Matvienko E. V., Shavanov M. V. Innovative technologies in agricultural crops breeding and seed farming // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 677. – №. 2. – С. 022092.

REFERENCES

1. Cacenko, L. V. YAvlenie fasciacii u saharnoj svekly / L. V. Cacenko, YU. V. ZHabatinskaya, A. V. Logvinov // Agrarnaya nauka - sel'skomu hozyajstvu : sbornik dokladov po Materialam Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (s mezhdunarodnym uchastiem), posvyashchennoj 60-letiyu FGBNU «Adygejskij NIISKH», Majkop, 17–19 noyabrya 2021 goda / Adygejskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skogo hozyajstva. – Majkop: Izdatel'stvo "Magarin Oleg Grigor'evich", 2021. – S. 369-373.
2. Goldman I.L. Inheritance of ffs, a Gene Conditioning Fasciated Flower Stem in Red Beet / I.L.Goldman // Journal of the American Society for Horticultural Science jashs. – 1998 – 123(4), 632-634. Retrieved Jun 9, 2023, from <https://doi.org/10.21273/JASHS.123.4.632>
3. Plantefol L. Study of a fasciated stem of beetroot (*Beta vulgaris* L.) [Sugarbeet, plant anatomy] // Comptes rendus des seances de l'Academie des sciences. Serie III: Sciences de la vie. – 1982.
4. Zolkin A. L., Matvienko E. V., Shavanov M. V. Innovative technologies in agricultural crops breeding and seed farming // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 677. – №. 2. – С. 022092.