

## **МЕЗОСТРУКТУРА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАЗНЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ**

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Изучались структурно-функциональные особенности организации фотосинтетического аппарата разных сортов картофеля с целью выяснения взаимосвязи анатомо-морфологических и физиологических особенностей растений, а также их влияния на величину и качество урожая.

*Материалы и методы.* Исследование проводилось на растениях картофеля сортов «Матушка», «Теща» и «Батя». Организация фотосинтетического аппарата на уровне листа рассматривалась на основе анализа его мезоструктуры. Определение содержания пигментов проводили спектрофотометрическим методом. Интенсивность фотосинтеза определяли фотоэлектроколориметрическим методом.

*Результаты.* Установлено, что мезоструктура фотосинтетического аппарата тесно связана с физиологическими особенностями изучаемых сортов картофеля. Был произведен сравнительный анализ изучаемых сортов по комплексу анатомо-морфологических и физиологических особенностей, а также показателю продуктивности.

*Выводы.* Четко прослеживается влияние особенности организации мезоструктуры на физиологические процессы растений. Величина и качество урожая картофеля зависят от сортовых особенностей растений, организации мезоструктуры фотосинтетического аппарата и интенсивности физиологических процессов.

**Ключевые слова:** картофель, мезоструктура фотосинтетического аппарата, интенсивность фотосинтеза, урожайность.

*A. O. Belyaeva, S. A. Soldatov, G. A. Karpova, V. N. Khryanin*

## **MESOSTRUCTURE OF PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF DIFFERENT POTATOE VARIETIES**

### **Abstract.**

*Background.* The paper investigates the structural and functional features of organization of the photosynthetic apparatus of different potatoe varieties in order to clarify the relationships of anatomical and morphological and physiological characteristics of the plants, as well as their impact on the value and quality of the crop.

*Materials and methods.* The research was carried out on potato plant varieties of “Matushka”, “Tescha” and “Batja”. The organization of the photosynthetic apparatus at the leaf level was considered on the basis of an analysis of its mesostructure. The pigment content was determined by spectrophotometry. The photosynthesis intensity was determined by photoelectrocolorimetry.

*Results.* It has been established that the mesostructure of the photosynthetic apparatus is closely related to the physiological characteristics of potato varieties studied. The studied varieties were comparatively analyzed by a complex of anatomical and morphological and physiological characteristics, as well as by the productivity index.

*Conclusions.* The special organization of the mesostructure influence the physical processes in the plants. The scale and quality of the potato crop depends on varietal characteristics of the plants, especially the organization of the mesostructure of the photosynthetic apparatus and the intensity of physiological processes.

**Key words:** potatoes, mesostructure photosynthetic apparatus, the intensity of photosynthesis, productivity.

### Введение

Картофель принадлежит к числу важнейших сельскохозяйственных культур. Урожайность картофеля в нашей стране остается на достаточно низком уровне. Изучению физиологии данной культуры уделено гораздо меньше внимания, чем физиологии зерновых культур и сахарной свеклы. При создании оптимальных условий культивирования интенсивность фотосинтеза картофеля может достигать 100 мг  $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{ч}$ . Согласно литературным данным интенсивность фотосинтеза растений картофеля при культивировании и в полевых условиях не превышает 10–20 мг  $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{ч}$  [1–4].

Высокую продуктивность растения должен обеспечивать хорошо развитый фотосинтетический аппарат. Анатомическое строение листьев, содержание основных фотосинтетических пигментов соответствуют наиболее эффективному прохождению процесса фотосинтеза. Структура листа и интенсивность фотосинтеза оказываются тесно связанными.

Цель исследования – изучить особенности организации мезоструктуры фотосинтетического аппарата разных сортов картофеля.

### Материалы и методы исследования

Объект исследования – сорта картофеля, районированные в Пензенской области: среднеранние сорта «Теща» и «Матушка», среднеспелый сорт «Батя».

Данные сорта картофеля выделяются повышенным содержанием крахмала в клубнях растений, что, несомненно, должно быть связано с активностью фотосинтетического аппарата. Так, у растений сорта «Теща» в клубнях накапливается до 23,0 % крахмала, у сорта «Матушка» – до 26,2 %, у сорта «Батя» – до 30,3 %. Для сравнения, заявленное разработчиками содержание крахмала у наиболее известных и распространенных в Пензенской области сортов картофеля составляет: до 13 % у сорта «Жуковский ранний», до 20 % у сорта «Утенок», до 19 % у сорта «Даренка», до 18 % у сорта «Русский сувенир».

Посадка картофеля производилась квадратно-гнездовым способом (60×60 см). Размер учетной делянки – 5 м<sup>2</sup>. Повторность опыта – четырехкратная. Полевые опыты закладывались при стандартной агротехнике. Удобрения не вносились. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый.

Мезоструктура фотосинтетического аппарата листа проводилась согласно стандартной методике. На основе анализа мезоструктуры расчетным путем можно получить большое число показателей, важных для понимания организации фотосинтетического аппарата. Площадь листьев определяли методом высечек [5, 6].

Для характеристики сортов использовались такие показатели, как листовая индекс и степень облиственности [7].

Определение содержания пигментов проводили спектрофотометрическим методом [5].

Интенсивность фотосинтеза определяли фотоэлектроколориметрическим методом [8].

Интенсивность дыхания определяли титрометрическим методом по количеству выделенного углекислого газа [8].

Результаты исследований были подвергнуты статистической обработке по общепризнанным методикам [9, 10].

### Результаты и их обсуждение

Листья картофеля прерывисто-непарноперисторассеченные. Каждый такой лист состоит из конечной доли и нескольких пар боковых долей, размещенных одна против другой, и промежуточных долек между ними (табл. 1).

Таблица 1  
Структурные характеристики листьев картофеля разных сортов  
( $M \pm m$ ,  $n^1 = 20$ ,  $n^2 = 50$ ,  $n^3 = 100$ )

Показатель	Сорт картофеля		
	«Теща»	«Матушка»	«Батя»
Площадь одного листа, см <sup>2</sup>	74,96 ± 3,75	45,73 ± 2,29	74,41 ± 3,72
Толщина листа, мкм	430,8 ± 10,4	405,0 ± 6,9	487,5 ± 15,0
Толщина слоя палисадной паренхимы, мкм	180,4 ± 4,4	175,2 ± 4,8	222,2 ± 6,8
Толщина слоя губчатой паренхимы, мкм	250,4 ± 11,1	229,8 ± 9,2	256,3 ± 18,4
Общее количество фотосинтезирующих клеток в единице площади листа, тыс./см <sup>2</sup> ; $n^1$	27,0 ± 0,7	24,4 ± 0,6	23,3 ± 1,1
Палисадная паренхима, тыс./см <sup>2</sup> ; $n^1$	9,3 ± 0,3	8,4 ± 0,3	8,2 ± 0,3
Губчатая паренхима, тыс./см <sup>2</sup> ; $n^1$	17,7 ± 0,5	16,0 ± 0,3	15,1 ± 0,8
Объем клеток палисадной паренхимы, ·10 <sup>3</sup> мкм <sup>3</sup> ; $n^2$	36,78 ± 3,56	51,02 ± 2,74	28,42 ± 1,42
Объем клеток губчатой паренхимы, ·10 <sup>3</sup> мкм <sup>3</sup> ; $n^2$	89,60 ± 5,99	47,20 ± 3,51	60,20 ± 4,68
Число хлоропластов в клетке палисадной паренхимы, шт.; $n^3$	45,4 ± 0,4	53,7 ± 0,4	36,1 ± 0,4
Число хлоропластов в клетке губчатой паренхимы, шт.; $n^3$	22,1 ± 0,6	20,2 ± 0,4	17,0 ± 0,3

Площадь листьев у растений сорта «Теща» составила 74,96 см<sup>2</sup>, сорта «Батя» – 74,41 см<sup>2</sup>. Это на 63 % выше, чем у растений сорта «Матушка» (45,73 см<sup>2</sup>).

Одновременно с площадью листьев измеряли толщину листовой пластинки у конечной доли листа. У сорта «Батя» была зафиксирована наибольшая толщина листа (на 10 % больше, чем у сорта «Теща» и на 15 % больше, чем у сорта «Матушка»). Соотношение (в %) толщины слоя палисадной и губчатой паренхимы: у сорта «Теща» – 42/58; у сорта «Матушка» – 43/57; у сорта «Батя» – 46/54. Таким образом, у среднеспелого сорта толщина слоя

столбчатого мезофилла была максимальной среди изучаемых сортов картофеля. У растений сорта «Теща» наблюдалось увеличение толщины губчатого мезофилла.

У растений сорта «Теща» общее количество фотосинтезирующих клеток в единице площади листа оказалось выше на 10 и 14 % по сравнению с сортами «Матушка» и «Батя» соответственно.

Листовые пластинки имеют мезофилльную структуру. Для картофеля характерен дорзовентральный тип строения фототрофных тканей листа. Мезофилл представлен палисадной и губчатой паренхимой. Клетки столбчатого мезофилла расположены в один слой. Распределение количества клеток между палисадным и губчатым мезофиллом у всех трех сортов оказалось одинаковым: 34 / 66 %.

Объем клеток столбчатого мезофилла был максимальным у сорта «Матушка» –  $51 \cdot 10^3$  мкм, что на 28 и 44 % выше, чем у сортов «Теща» и «Батя» соответственно. Увеличенный размер клеток столбчатого мезофилла сказался на количестве хлоропластов в них. Число хлоропластов в клетках палисадной паренхимы у растений сорта «Матушка» оказалось на 16 % выше, чем у сорта «Теща», и на 33 % выше, чем у сорта «Батя». Размер хлоропластов в клетках растений сорта «Матушка» – 27 мкм<sup>3</sup>, сорта «Теща» – 46 мкм<sup>3</sup>, сорта «Батя» – 51 мкм<sup>3</sup>.

Клетки губчатого мезофилла у растений сорта «Теща» –  $90 \cdot 10^3$  мкм<sup>3</sup>. Это на 33 и 47 % больше, чем у сортов «Батя» и «Матушка» соответственно. Количество хлоропластов в клетках губчатого мезофилла у сорта «Теща» оказалось больше, чем у сорта «Матушка» на 9 %, и больше, чем у сорта «Батя» на 23 % (табл. 2).

Таблица 2

Показатели мезоструктуры листьев картофеля разных сортов  
( $M \pm m, n^3 = 100$ )

Показатель	Сорт картофеля		
	«Теща»	«Матушка»	«Батя»
Объем хлоропласта, мкм <sup>3</sup> ; $n^3$	46,0 ± 7,0	27,0 ± 2,0	51,0 ± 7,0
Поверхность наружной мембраны хлоропласта, мкм <sup>2</sup>	62,0 ± 3,1	43,5 ± 2,2	66,5 ± 3,3
Количество хлоропластов в единице площади листа, млн/см <sup>2</sup>	8,1 ± 0,4	7,7 ± 0,4	5,5 ± 0,3
Объем клетки палисадной паренхимы, соответствующий одному хлоропласту, мкм <sup>3</sup>	810,0 ± 40,5	950,1 ± 47,5	787,3 ± 39,4
Объем клетки губчатой паренхимы, соответствующий одному хлоропласту, мкм <sup>3</sup>	4054,3 ± 202,7	2336,6 ± 116,8	3541,2 ± 177,1

Организация мезоструктуры фотосинтетического аппарата также рассматривалась на тканевом и клеточном уровнях организации.

Объем клетки паренхимы, соответствующий одному хлоропласту, – это отношение объема клетки к числу хлоропластов в ней. Этот показатель

свидетельствует об объеме клетки, который обеспечивается метаболитами, субстратами дыхания, АТФ и НАДФ·Н<sub>2</sub> за счет деятельности одного хлоропласта. Полученные данные показывают, что в клетках палисадной паренхимы наиболее активно функционируют хлоропласты у сорта «Матушка». Их активность превышала таковую у сорта «Теща» на 15 %, у сорта «Батя» – на 17 %.

Активность хлоропластов губчатой паренхимы у сорта «Матушка», наоборот, была самой низкой. Этот показатель был максимальным у сорта «Теща».

По типу фотосинтетического метаболизма картофель относится к С3-растениям. Первичным продуктом фиксации СО<sub>2</sub> является 3-фосфоглицериновая кислота. До 95 % поглощаемого при фотосинтезе СО<sub>2</sub> используется на синтез сахарозы и крахмала.

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях картофеля зависит от сорта. В наших опытах растения сорта «Матушка» выделялись повышенным содержанием хлорофиллов, что в конечном итоге оказало влияние на содержание крахмала в клубнях растений. Среди среднеранних сортов картофеля повышенное содержание крахмала (до 26 %) наблюдалось у сорта «Матушка». Здесь крахмальные зерна имели средний размер 80×104 мкм. У сорта «Теща» содержание крахмала достигало 23 %, размеры крахмальных зерен были 73×95 мкм.

У среднеспелого сорта интенсивность фотосинтеза была в 1,8–2,3 раза выше, чем у среднеранних сортов. Таким образом, высокий уровень продуктивности у сорта «Батя» мог быть обеспечен не только высоким уровнем листового индекса, но и повышенной интенсивностью фотосинтеза. Здесь крахмальные зерна были самыми крупными – 118·159 мкм. Содержание крахмала достигало до 30 % (табл. 3).

Таблица 3

Особенности функционирования фотосинтетического аппарата картофеля разных сортов ( $M \pm m, n = 4-5$ )

Показатель	Сорт картофеля		
	«Теща»	«Матушка»	«Батя»
Содержание хлорофилла в единице площади листа, мг/дм <sup>2</sup>	18,64 ± 2,24	32,30 ± 2,84	22,17 ± 2,06
Интенсивность фотосинтеза, мг СО <sub>2</sub> на 1 дм <sup>2</sup> листа за 1 ч	5,38 ± 0,27	6,79 ± 0,34	12,29 ± 0,61
Ассимиляционное число, мг СО <sub>2</sub> /мг хлорофилла·ч	6,99 ± 0,35	4,44 ± 0,22	12,29 ± 0,61
Индекс поверхности наружных мембран хлоропластов, см <sup>2</sup> на 1 см <sup>2</sup> листа	502,2 ± 25,1	335,0 ± 16,8	365,8 ± 18,3
Интенсивность фотосинтеза, ·10 <sup>-3</sup> мг СО <sub>2</sub> на 1 дм <sup>2</sup> наружных мембран хлоропластов	10,71 ± 0,54	20,27 ± 1,01	33,60 ± 1,68
Относительный объем хлоропластов в клетке палисадной паренхимы, %	5,7 ± 0,3	2,8 ± 0,1	6,5 ± 0,3
Относительный объем хлоропластов в клетке губчатой паренхимы, %	1,1 ± 0,6	1,1 ± 0,1	1,4 ± 0,1

Результаты показали, что максимальное ассимиляционное число было у растений сорта «Батя» – 12,29 мг CO<sub>2</sub>/мг хлорофилла·ч. Это было обусловлено прежде всего высоким уровнем фотосинтетической активности. Наименьшее значение ассимиляционного числа было зафиксировано у растений картофеля сорта «Матушка» – 4,44 мг CO<sub>2</sub>/мг хлорофилла·ч. Это связано с повышенным содержанием хлорофиллов (в 1,53–1,99 раза выше, чем у растений других сортов). При этом интенсивность фотосинтеза находилась на уровне другого среднераннего сорта – «Теща».

Относительный объем хлоропластов в клетке – это суммарный объем всех хлоропластов в процентах к объему клетки. В процессе роста листа у мезофитных растений относительный объем хлоропластов снижается от 25–30 до 3–5 % за счет того, что растяжение клетки происходит быстрее, чем увеличение хлоропластов в ней. При дефиците света этот показатель, наоборот, увеличивается, так как объем клетки уменьшается сильнее, чем число хлоропластов. В нашем опыте относительный объем хлоропластов находится в пределах 7 %. Это говорит о достаточном уровне освещенности для растений. На момент опытов данный показатель оказался равен 27 666,7 лкс. Если анализировать относительный объем хлоропластов в клетке у разных сортов, то можно предположить, что клетки мезофилла листа у растений сорта «Матушка» достигли максимального размера, поэтому показатель здесь самый низкий – 2,8 %. У растений сорта «Теща» он составил – 5,7 %, у растений сорта «Батя» – 6,5 %.

Индекс поверхности наружных мембран хлоропластов – это произведение поверхности мембран хлоропластов на число пластид в 1 см<sup>2</sup> листа. Этот показатель имеет значение для расчета скорости трансмембранного переноса CO<sub>2</sub> при фотосинтезе, а также оттока ассимилятов из хлоропластов. Если рассчитать фотосинтез на 1 дм<sup>2</sup> наружных мембран хлоропластов, то по нему можно судить о скорости диффузии CO<sub>2</sub> через наружную мембрану хлоропласта. Так как скорость обратного потока ассимилятов из хлоропласта в цитоплазму соизмерима со скоростью поступления CO<sub>2</sub> в хлоропласт, то этот прием можно использовать для определения скорости ближнего транспорта ассимилятов в системе хлоропласт – цитоплазма (табл. 4).

Таблица 4

Показатели продуктивности разных сортов картофеля  
( $M \pm m, n = 4$ )

Сорт	Количество клубней у одного растения, шт.	Масса товарных клубней у одного растения, г	Масса нетоварных клубней у одного растения, г	Масса клубня, г	Расчетная урожайность, ц/га (при средней густоте посева 27,5 тыс. растений на 1 га; схема посадки 60×60)
«Теща»	8,7 ± 0,8	571,2 ± 81,7	89,1 ± 17,2	75,9 ± 3,8	181,6
«Матушка»	7,6 ± 0,7	904,3 ± 71,7	39,1 ± 11,4	124,1 ± 6,2	259,4
«Батя»	12,5 ± 1,9	1000,0 ± 50,0	80,0 ± 4,0	86,4 ± 4,3	297,0

Величина и качество урожая картофеля зависят от многих факторов. Важнейшими из них являются погодные условия, свойства почвы, агротехника, сорт.

В наших опытах максимальная урожайность клубней была получена у растений сорта «Батя» – 297 ц/га. Средняя масса клубня составила – 86,4 г. Среднее количество клубней у одного растения – 12,5 шт. Масса нетоварных клубней – 8 % от общей урожайности.

Наиболее сбалансированный урожай показал сорт «Матушка». Расчетная урожайность – 259,4 ц/га, средняя масса клубня – 124,1 г, масса нетоварных клубней от общей урожайности – 4,3 %.

У сорта «Теща» расчетная урожайность составила 181,6 ц/га, средняя масса клубня – 75,9 г, масса нетоварных клубней от общей урожайности – 15,6 %.

### **Заключение**

Обобщая данные, полученные при исследовании разных сортов, следует отметить, что у каждого изученного сорта существуют свои достоинства и определенные недостатки. Также четко прослеживается влияние особенности организации мезоструктуры на физиологические процессы растений. Эти особенности в конечном итоге определяют величину и качество урожая.

### **Библиографический список**

1. **Грязнов, В. П.** Сравнительная оценка фотосинтетической продуктивности некоторых новых сортов картофеля, выращиваемых в условиях Белогорья / В. П. Грязнов // Научные ведомости. – 2006. – № 3 (23). – Вып. 4. – С. 129–132.
2. **Дубин, С. В.** Факторы высокой урожайности картофеля / С. В. Дубин // Генетические и агротехнологические ресурсы повышения качества продовольственного и технического картофеля : сб. материалов Третьей науч.-практ. конф. – М. : МГУ, 2013. – С. 16–19.
3. **Кабунин, А. А.** Вопросы селекционной работы с картофелем / А. А. Кабунин // Генетические и агротехнологические ресурсы повышения качества продовольственного и технического картофеля : сб. материалов Третьей науч.-практ. конф. – М. : МГУ, 2013. – С. 22–25.
4. **Мокроносков, А. Т.** Онтогенетический аспект фотосинтеза / А. Т. Мокроносков. – М. : Наука, 1981. – 196 с.
5. **Гавриленко, В. Ф.** Большой практикум по фотосинтезу : учеб. пособие для студ. вузов / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова. – М. : Академия, 2003. – 256 с.
6. **Кошкин, Е. И.** Частная физиология полевых культур / Е. И. Кошкин, Г. Г. Гаутаулина, А. Б. Дьяков [и др.]. – М. : КолосС, 2005. – 344 с.
7. **Цубербиллер, Е. А.** Пути повышения урожайности картофеля / Е. А. Цубербиллер. – Л. : Гидрометиздат, 1969. – 45 с.
8. **Викторов, Д. П.** Практикум по физиологии растений / Д. П. Викторов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1991. – 160 с.
9. **Зайцев, В. В.** Элементарная математика / В. В. Зайцев. – М. : Наука, 1973. – 591 с.
10. **Шмидт, В. М.** Математические методы в ботанике / В. М. Шмидт. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1984. – 288 с.

### **References**

1. Gryaznov V. P. *Nauchnye vedomosti* [Scientific bulletin]. 2006, no. 3 (23), iss. 4, pp. 129–132.

2. Dubin S. V. *Geneticheskie i agrotekhnologicheskie resursy povysheniya kachestva prodovol'stvennogo i tekhnicheskogo kartofelya: sb. materialov Tret'ey nauch.-prakt. konf.* [Genetic and agrotechnological resources of food and technical potato quality improvement: proceedings of III Scientific and practical conference]. Moscow: MGU, 2013, pp. 16–19.
3. Kabunin A. A. *Geneticheskie i agrotekhnologicheskie resursy povysheniya kachestva prodovol'stvennogo i tekhnicheskogo kartofelya: sb. materialov Tret'ey nauch.-prakt. konf.* [Genetic and agrotechnological resources of food and technical potato quality improvement: proceedings of III Scientific and practical conference]. Moscow: MGU, 2013, pp. 22–25.
4. Mokronosov A. T. *Ontogeneticheskiy aspekt fotosinteza* [Ontogenetic aspects of photosynthesis]. Moscow: Nauka, 1981, 196 p.
5. Gavrilenko V. F., Zhigalova T. V. *Bol'shoy praktikum po fotosintezu: ucheb. posobie dlya stud. vuzov* [A great tutorial on photosynthesis: tutorial for university students]. Moscow: Akademiya, 2003, 256 p.
6. Koshkin E. I., Gataulina G. G., D'yakov A. B. *Chastnaya fiziologiya polevykh kul'tur* [Particular physiology of field cultures]. Moscow: KolosS, 2005, 344 p.
7. Tsuberbiller E. A. *Puti povysheniya urozhaynosti kartofelya* [Ways to increase potato crops]. Leningrad: Gidrometizdat, 1969, 45 p.
8. Viktorov D. P. *Praktikum po fiziologii rasteniy* [Plant physiology tutorial]. Voronezh: Izd-vo VGU, 1991, 160 p.
9. Zaytsev V. V. *Elementarnaya matematika* [Elementary mathematics]. Moscow: Nauka, 1973, 591 p.
10. Shmidt V. M. *Matematicheskie metody v botanike* [Mathematical methods in botany]. Leningrad: Izd-vo LGU, 1984, 288 p.

---

**Беляева Анна Олеговна**

магистрант, Пензенский  
государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: Anuta131936@mail.ru

**Belyaeva Anna Olegovna**

Master's degree students, Penza State  
University (40 Krasnaya street, Penza,  
Russia)

**Солдатов Сергей Александрович**

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра общей биологии и биохимии,  
Пензенский государственный  
университет (Россия, г. Пенза,  
ул. Красная, 40)

E-mail: Soldatov\_SA@mail.ru

**Soldatov Sergey Aleksandrovich**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of general  
biology and biochemistry, Penza State  
University (40 Krasnaya street, Penza,  
Russia)

**Карпова Галина Алексеевна**

доктор сельскохозяйственных наук,  
доцент, заведующий кафедрой общей  
биологии и биохимии, Пензенский  
государственный университет (Россия,  
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: egf-kaf-bot@yandex.ru

**Karpova Galina Alekseevna**

Doctor of agricultural sciences, associate  
professor, head of sub-department  
of general biology and biochemistry,  
Penza State University (40 Krasnaya street,  
Penza, Russia)



**Хрянин Виктор Николаевич**

доктор биологических наук, профессор,  
кафедра общей биологии и биохимии,  
Пензенский государственный  
университет (Россия, г. Пенза,  
ул. Красная, 40)

E-mail: viktor.khryanin@gmail.com

**Khryanin Viktor Nikolaevich**

Doctor of biological sciences, professor,  
sub-department of general biology  
and biochemistry, Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

---

УДК 581.1+581.8+633.491

**Беляева, А. О.**

**Мезоструктура фотосинтетического аппарата разных сортов картофеля** / А. О. Беляева, С. А. Солдатов, Г. А. Карпова, В. Н. Хрянин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2017. – № 1 (17). – С. 50–58. DOI: 10.21685/2307-9150-2017-1-6