

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В СОЗДАНИИ СОРТОВ СОИ

Валентина Тимофеевна Синеговская, академик РАН, профессор, заслуженный деятель науки РФ

Евгения Михайловна Фокина, кандидат сельскохозяйственных наук

Оксана Сергеевна Душко

ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», г. Благовещенск, Амурская область, Россия

E-mail: valsln09@gmail.com

**Аннотация.** Представлены результаты изучения работы фотосистемы II в листьях девяти сортов сои селекции ВНИИ сои, чтобы выявить генотипы с повышенной фотосинтетической активностью для включения в селекционный процесс при создании высокопродуктивных сортов нового поколения. Сравнительная оценка сортов дана по показателям эффективного квантового выхода фотосинтеза –  $Y(II)$  и флуоресценции хлорофилла ( $F_p$ ), относительной скорости транспорта электронов ( $ETR$ ) и фотохимического преобразования энергии в зависимости от насыщения светом. Сорта сои Грация, Соната и Китросса по изучаемым параметрам имели самые высокие показатели, значительно превышающие стандартный сорт Лидия. Эффективный квантовый выход фотосинтеза, показывающий степень поглощения солнечной энергии, у сортов Грация и Соната в течение всего вегетационного периода был на уровне 0,80–0,83 отн. ед., с превышением показателя сорта Лидия на 0,09–0,13 отн. ед. в зависимости от фазы роста и развития растений. Квантовый выход флуоресценции ( $F_p$ ) в листьях сорта Лидия в фазе цветения превышал сорта Грация, Соната и Китросса на 60, 56 и 63% соответственно, что указывает на пониженную активность работы фотосистемы II у этого сорта. Эффективность фотохимического преобразования энергии фотосинтеза в фазе цветения была наиболее стабильной в листьях сорта Соната при уровне освещенности от 600 до 1500 мкмоль квантов/(м<sup>2</sup>·с). Используя сорт сои Грация в качестве материнской формы (♀) при скрещивании с гибридом Ам.2146, который был получен с включением сорта Соната, также обладающего высокой степенью поглощения квантов света, был создан сорт Лучистая. Он проходил сортоиспытание в 2021–2022 годах, в 2023 включен в Государственный реестр селекционных достижений для возделывания в Дальневосточном (12) регионе.

**Ключевые слова:** соя, сорт, фотосинтез, показатели флуориметрии, селекционный процесс

## THE USAGE OF PHYSIOLOGICAL METHODS IN THE CREATION OF SOYBEAN VARIETIES

V.T. Sinegovskaya, Academician of the RAS, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation

E.M. Fokina, PhD in Agricultural Sciences

O.S. Dushko

Federal Scientific Center All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Amur region, Russia

E-mail: valsln09@gmail.com

**Abstract.** The results of a study of the operation of photosystem II in the leaves of nine soybean varieties bred by the All-Russian Research Institute of Soybean are presented in order to identify genotypes with increased photosynthetic activity for inclusion in the breeding process when creating highly productive varieties of a new generation. A comparative assessment of varieties is given in terms of effective quantum yield of photosynthesis ( $Y$ ) and chlorophyll fluorescence ( $F_p$ ), relative electron transport rate ( $ETR$ ) and photochemical energy conversion depending on light saturation. The soybean varieties Gracia, Sonata and Kitrossa had the highest indicators for the studied parameters, significantly exceeding the standard variety Lydia. The effective quantum yield of photosynthesis, which shows the degree of absorption of solar energy, in the Gracia and Sonata varieties during the entire growing season was at the level of 0.80–0.83 rel. units, with this indicator exceeding for the Lydia variety by 0.09–0.13 rel. units depending on the phase of plant growth and development. The quantum yield of fluorescence ( $F_p$ ) in the leaves of the Lydia variety during the flowering phase exceeded the Gracia, Sonata and Kitrossa varieties by 60, 56 and 63%, respectively, which indicates a reduced activity of photosystem II in this variety. The efficiency of photochemical conversion of photosynthetic energy during the flowering phase was most stable in the leaves of the Sonata variety at light levels from 600 to 1500  $\mu\text{mol quanta}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ . Using the soybean variety Gracia as the maternal form (♀) when crossed with the hybrid Am.2146, which was obtained with the inclusion of the Sonata variety in the hybridization, which also has a high degree of absorption of light quanta, the Radiant variety was created. Variety passed testing in 2021–2022, and in 2023 included in the State Register of Breeding Achievements for cultivation in the Far Eastern (12) region.

**Keywords:** soy, variety, photosynthesis, fluorimetry indicators, breeding process

Взаимосвязь между интенсивностью фотосинтетической деятельности растений и урожайностью установлена и экспериментально доказана выдающимся русским физиологом К.А. Тимирязевым. [9] Зеленые растения, используя углекислый газ воздуха

с помощью света, создают органическое вещество, состоящее на 45% из углерода. Главный компонент в фотосинтетическом комплексе – хлорофилл (зеленый пигмент растений, который играет ведущую роль в процессе фотосинтеза и служит важным

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

фактором метаболизма растительного организма в целом). Исследования современных ученых свидетельствуют, что размер и продолжительность работы ассимиляционного аппарата важны в формировании урожая, при этом существенное значение имеет активность фотосинтетических процессов. [1, 3, 4] Чтобы получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур, необходимо управлять светом так же, как водным режимом и минеральным питанием. Увеличение интенсивности освещения сказывается на процессе фотосинтеза по-разному и зависит от типа растения и других факторов. [7, 19, 20] Соя – светлюбивая культура, требует правильного подбора исходного материала в селекционной работе с ней. [2, 10] Изучение процессов усвоения квантов света листьями сои во взаимосвязи с его преобразованием в энергию органического вещества позволяет выявлять растения с высоким уровнем поглощения и использования фотосинтетически активной радиации для включения таких генотипов в селекционный процесс. Это делает возможным создавать сорта с высоким уровнем семенной продуктивности с помощью физиологических приемов и классических методов селекции. Исследованиями, проведенными нами ранее, установлено, что в период образования бобов и налива семян 70% азота трансформируется из листьев, 20 – из стеблей и только 10% поступает в семена из корневой системы и клубеньков. [8] Следовательно, накопление в семенах белка и органического вещества зависит от работы листового аппарата сои, в хлоропластах которого образуются продукты фотосинтеза. Стоящая перед селекцией задача постоянного увеличения потенциальной урожайности вновь создаваемых сортов может решиться мультидисциплинарным подходом, включающим знания генетики, биохимии, физиологии и селекции растений. [5, 17, 18] Достижения в изучении механизмов первичных процессов фотосинтеза выявили связь показателей флуоресценции хлорофилла с характеристиками состояния фотосинтетического аппарата фотосинтезирующих организмов. Энергия кванта света, поглощенного светособирающим комплексом (ССК), может быть превращена в энергию разделенных зарядов, которая используется в дальнейших реакциях фотосинтеза, либо теряется при излучении кванта флуоресценции или рассеивании в тепло. [13, 14] Один из наиболее распространенных методов изучения активности фотосинтетических процессов – РАМ-флуориметрия, основанная на импульсной амплитудной модуляции, что позволяет измерять величину поглощенной световой энергии растением, которая используется на накопление органического вещества, поступающего в репродуктивные органы. [15, 16] Во ВНИИ сои ведутся исследования по выявлению сортов и сортообразцов сои с высоким уровнем усвоения квантов света фотосистемой II для включения их в селекционный процесс в качестве источников повышенной фотосинтетической активности.

Цель работы – изучение действия фотосистемы II в листьях сортов сои для выявления источников повышенной фотосинтетической активности при создании высокопродуктивных сортов нового поколения.

Исследования проводили в 2010–2020 годах в коллекционном питомнике лаборатории селекции сои ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои в с. Садовое Тамбовского района Амурской области. В листьях растений сои сортов селекции института (*Лидия*, *Грация*, *Соната*, *Татьяна Рязанцева*, *Кружевница*, *Евгения*, *Персона*, *Октябрь 70*, *Китросса*) определяли параметры флуоресценции хлорофилла с помощью анализатора эффективности фотосинтеза с импульсно-моделированным освещением MINI-RAM (Heinz Walz GmbH, Германия). Эффективный квантовый выход фотосинтеза ( $Y$ ) характеризует количество усвоенных фотонов, пошедших на фотохимические процессы от общего количества поступивших в систему ( $F_v/F_m$ ), и активность начальных стадий фотосинтеза, где  $F_v$  – переменная флуоресценция,  $F_m$  – максимальная в условиях активирующего освещения. Квантовый выход флуоресценции ( $F_0$ ) показывает количество фотонов, излученных в виде флуоресценции. При сравнительной оценке показателей эффективного квантового выхода фотосинтеза ( $Y$ ) в листьях сортов сои принимали оптимальную величину (0,83 отн. ед.), установленную исследователями, изучавшими эти параметры. [11] В листьях вычисляли относительную скорость транспорта электронов ( $ETR$ ), которая отражает отношение поглощенных фотосинтетическими пигментами фотонов к падающим. Исследования выполняли в основные фазы роста и развития: третий тройчатый лист, цветение, образование бобов и налив семян, наступление которых определяли по методике. [12] Параметры флуориметрии измеряли в листьях сои по ярусам (нижний, средний, верхний) в четырех биологических и трех аналитических повторностях с приведением к среднему показателю по растению. Данные статистически обрабатывали в программе Microsoft Excel 2000 с помощью стандартного пакета анализа данных. Параметры флуоресценции рассчитывали в программе Win Control-3. Сорта различались продолжительностью вегетационного периода, потенциальной урожайностью и содержанием белка и жира в семенах (табл. 1).

Сорта с высокими показателями флуориметрии рекомендовали задействовать в селекцион-

Таблица 1.  
Характеристика сортов сои селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои

Сорт	Вегетационный период, дни	Потенциальная урожайность, т/га	Содержание в семенах, %	
			белок	жир
<i>Лидия</i> (st)	96...104	3,10	41,0	22,0
<i>Грация</i>	90...97	3,30	40,0	22,0
<i>Соната</i>	94...100	2,75	40,9	20,7
<i>Кружевница</i>	99...106	2,93	42,0	18,0
<i>Евгения</i>	107...121	3,27	39,7	18,4
<i>Персона</i>	103...109	3,18	41,0	19,0
<i>Октябрь 70</i>	106...110	2,80	40,2	21,6
<i>Китросса</i>	113...114	4,00	42,0	19,0
<i>Татьяна Рязанцева</i>	109...115	3,31	38,9	18,4

Таблица 2.

Показатели работы фотосистемы II в листьях сортов сои, средние за 2010–2020 годы

Сорт	Эффективный квантовый выход, $\Upsilon$ (II), отн. ед.			
	фаза роста и развития растений			
	третий тройчатый лист	цветение	образование бобов	налив семян
<i>Лидия (st)</i>	0,74	0,65	0,70	0,75
<i>Грация</i>	0,83	0,83	0,82	0,82
<i>Соната</i>	0,83	0,83	0,83	0,80
<i>Кружевница</i>	0,78	0,76	0,74	0,61
<i>Евгения</i>	0,79	0,75	0,79	0,70
<i>Персона</i>	0,76	0,79	0,77	0,79
<i>Октябрь 70</i>	0,79	0,73	0,67	0,70
<i>Китросса</i>	0,82	0,81	0,80	0,80
<i>Татьяна</i>				
<i>Рязанцева</i>	0,80	0,71	0,79	0,76
<i>Среднее</i>	0,80	0,76	0,77	0,75

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При сравнительной оценке параметров фотосинтеза в качестве стандарта использовали сорт *Лидия*, применяемый на Госсортоучастках Дальнего Востока при проведении сортовой оценки сои для включения в Государственный реестр селекционных достижений РФ. Исследования показали существенные различия в поглощении листьями квантов света как между сортами, так и в зависимости от фазы роста и развития растений (табл. 2).

По всем сортам эффективный квантовый выход ( $\Upsilon$ ) самый высокий был в фазе третьего тройчатого листа, когда растения хорошо освещены и листья не затеяют друг друга. Этот показатель снижился к фазе налива семян. Высоким уровнем поглощения квантов света и стабильностью в течение всего вегетационного периода отличались *Грация*, *Соната* и *Китросса*, скороспелый *Лидия* уступал практически всем сортам.

Флуоресцентная часть света, определяемая по показателю  $F_0$  – квантового выхода флуоресценции, у *Лидии* в фазе цветения превышала этот показатель у сортов *Грация*, *Соната* и *Китросса* на 60, 56 и 63% соответственно, что указывает на пониженную активность листового аппарата растений сои сорта *Лидия* (рис. 1).

В фазе налива семян, когда происходит активный отток из листьев в семена продуктов фотосинтеза, квантовый выход флуоресценции в листьях сортов *Грация*, *Соната* и *Китросса* был на одном уровне с этим показателем в фазе цветения и меньше на 100 отн. ед., по сравнению с сортом *Лидия*. Преимущество работы фотосистемы II в листьях сорта *Соната*, по сравнению со стандартным, было подтверждено с помощью реакции растений на интенсивность светового излучения, которую определяли в фазы третьего тройчатого листа и цветения (рис. 2).

Квантовую эффективность фотохимического преобразования энергии при последовательном уве-

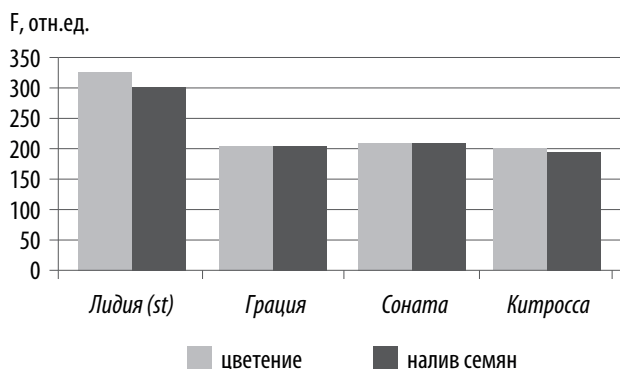


Рис. 1. Квантовый выход флуоресценции ( $F_0$ ), отн. ед.

ном процессе как родительские формы. Гибридизацию осуществляли по методике, предусматривающей принудительное переопыление. [6] В дальнейшем отбор в популяциях проводили по методу Педигри.

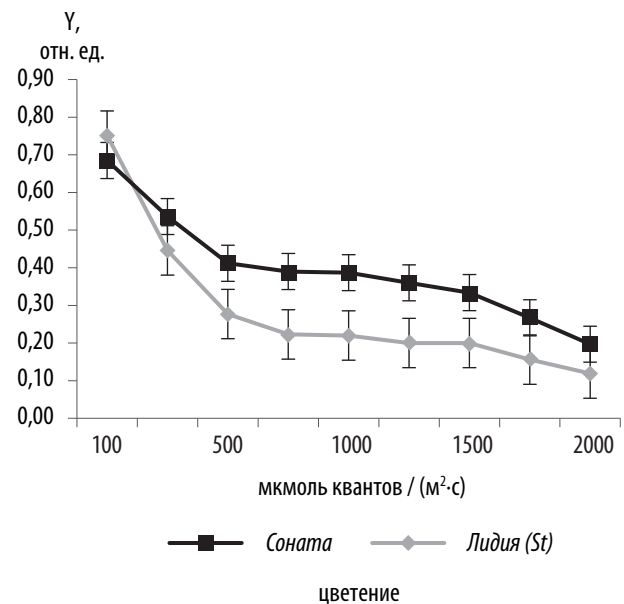
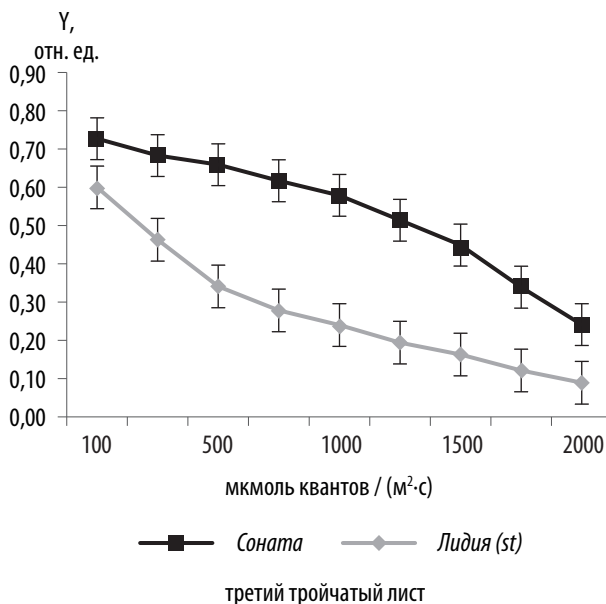


Рис. 2. Квантовая эффективность фотохимического преобразования энергии при последовательном увеличении интенсивности света, средняя за 2010–2020 годы.

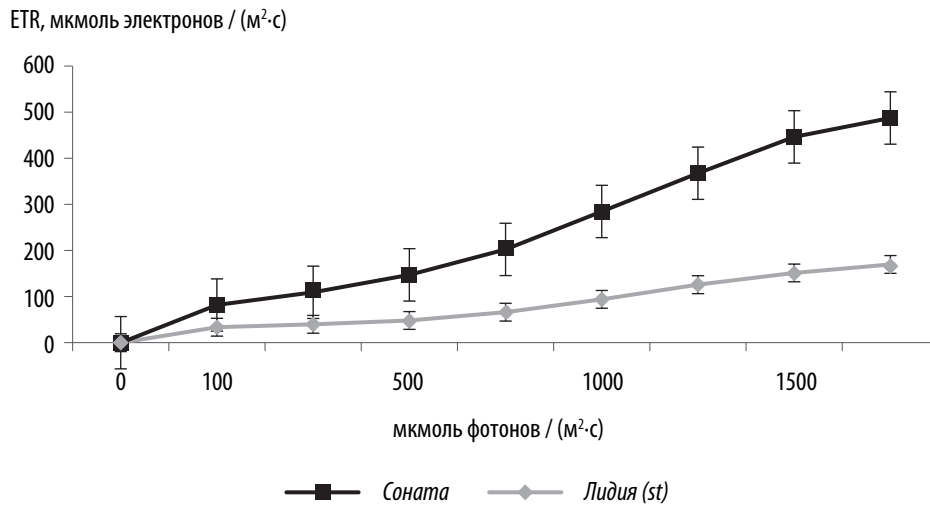


Рис. 3. Скорость электронного транспорта при последовательном увеличении интенсивности света в фазе цветения, 2010–2020 годы.

личении интенсивности актиничного света определяли в листьях, изолируя растения от солнечного света с помощью коробок. Автоматически задавали девять периодов освещения, общая продолжительность которых – 3 мин. Наиболее адаптированный к увеличению инсоляции света – сорт *Соната*, наименее – *Лидия*. В фазе цветения эффективность фотохимического преобразования энергии фотосинтеза при увеличении степени освещения изменилась. Стабильнее она была при уровне освещенности от 600 до 1500 мкмоль квантов / (м²·с), что свидетельствует о большей адаптивной способности фотосинтетической системы к поглощению света на этой фазе развития. Максимальные значения отмечены у сорта *Соната*, минимальные у *Лидии*.

На рисунке 3 приведены световые кривые, характеризующие зависимость плотности переноса электронов по электрон-транспортной цепи (ЭТЦ) от интенсивности фотосинтетически активной радиации в листьях сортов *Лидия* (st) и *Соната* в фазе цветения.

Момент выхода кривой на графике свидетельствует о «насыщении» фотосинтеза. В листьях обоих сортов этот показатель повышался по мере увеличения интенсивности света. При 100...500 мкмоль фотонов/(м²·с) медленно увеличивалась активность квантового выхода, затем резко возрастала, что говорит о высокой степени поглощения квантов света. В листьях сорта *Соната* при повышении ин-

тенсивности света плотность переноса электронов была в два раза выше, чем у стандартного, поэтому «насыщение» фотосинтеза проходило значительно активнее. В результате изучения показателей работы фотосистемы II в листьях растений сои выявили три сорта с высокой степенью усвоения квантов света, которые были рекомендованы в качестве источников повышенной фотосинтетической активности, особенно в период формирования репродуктивных органов. Для создания нового скороспелого сорта селекционеры взяли *Гранию* в качестве материнской формы (♀) при скрещивании с гибридом Ам. 2146, который получили с использованием сорта *Соната*, также обладающего высокой степенью поглощения квантов света. В результате был создан сорт *Лучистая*, прошедший сортоиспытание в 2021–2022 годах, а в 2023 включенный в Государственный реестр селекционных достижений для возделывания в Дальневосточном регионе. Сорт *Лучистая* (Ам. 2442) с периодом вегетации 105...107 дн. относится к маньчжурскому (*manshurica*) подвиду, апробационной группе – *flavida* Enk, предназначен для зоны с суммой активных температур 1800...2000°С (табл. 3).

За годы изучения в конкурсном сортоиспытании урожайность семян сорта сои *Лучистая* составила 2,67...2,85 т/га, превысила стандартный в среднем на 0,36 т/га, потенциальная урожайность – 3,12 т/га. Сорт полудетерминантного типа

Таблица 3.

Характеристика хозяйственно ценных признаков сортов сои *Лучистая* и *Лидия* по годам

Показатель	<i>Лучистая</i>				<i>Лидия</i> (st)			
	2017	2018	2019	среднее за 2017–2019	2017	2018	2019	среднее за 2017–2019
Урожайность семян, т/га	2,67	2,72	2,85	2,75	2,47	2,25	2,46	2,39
Период вегетации, дни	105	106	107	106	102	106	104	104
Высота растений, см	79	72	85	79	73	65	74	71
Высота прикрепления нижних бобов, см	13	13	15	14	12	13	17	14
Масса 1000 семян, г	145,8	148,8	124,9	139,8	161,4	167,7	161,6	163,5
Содержание в семенах белка, %	39,8	39,7	40,0	39,8	38,5	39,2	42,2	39,9
Содержание в семенах жира, %	20,9	21,3	20,2	20,8	20,4	19,7	20,1	20,1

развития с хорошо выполненной верхушкой, форма куста прямостоячая, обладает повышенным уровнем фотосинтетической активности с показателем квантового выхода фотосинтеза на уровне 0,83...0,86 отн. ед. Стебель прямой, формирует две-четыре ветви, что также повышает вклад листовой поверхности в формирование и отток продуктов фотосинтеза в семена (рис. 4, 3-я стр. обл.).

Совместная работа физиологов и селекционеров принесла хорошие результаты при включении в селекционный процесс генотипов, обладающих высоким уровнем поглощения квантов света.

**Выводы.** Использование современных физиологических методов позволило определить величину поглощенной световой энергии листовой поверхностью растений сои, которая предназначена для накопления органического вещества, поступающего в репродуктивные органы. Оценив девять сортов селекции ВНИИ сои по данным признакам, выявили *Грацию*, *Сонату*, *Китросса* с максимальным уровнем (0,83...0,86 отн. ед.) квантового выхода фотосинтеза и высокой эффективностью фотохимического преобразования энергии при последовательном увеличении интенсивности света. Включение сортов *Грация* и *Соната* в селекционный процесс как источников повышенной фотосинтетической активности обеспечило создание нового высокопродуктивного скороспелого сорта *Лучистая*.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Головина Е.В. Эколого-генетическая изменчивость содержания пигментов в листьях сортов сои северного экотипа // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. № 3 (31). С. 74–79.
2. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Бубнова Л.А. и др. Среднеранний теневыносливый сорт сои Вилана бета // *Масличные Культуры*. 2020. Вып. 1 (181). С. 140–146.
3. Иванов Л.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К. и др. Сезонная динамика содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных и лесных растений на уровне вида и сообщества // *Физиология растений*. 2020. Т. 67. № 3. С. 278–288.
4. Кабашникова Л.Ф. Хлорофилл – зеленое вещество жизни // *Наука и инновации*. 2018. № 1 (179). С. 65–69.
5. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М., 2010. 638 с.
6. Малыш К.К., Рязанцева Т.П. Некоторые вопросы биологии сои, связанные с методикой гибридизации // *Труды Амурской сельскохозяйственной опытной станции*. Хабаровск. 1968. Т. 2. Вып. 1. С. 38–48.
7. Ничипорович А.А. Световое и углеродное питание растений (фотосинтез). М., 1955. 286 с.
8. Русаков В.В., Посыпанов Г.С., Синеговская В.Т. Источники азота для формирования семян сои при различных условиях выращивания // *Приемы регулирования продуктивности сои*. Новосибирск, 1987. С. 108–126.
9. Тимирязев К.А. Избранные сочинения. М.: Сельхозгиз, 1948. Т. 2. 424 с.
10. Фокина Е.М., Титов С.А., Губенко О.А. Наследование хозяйственно ценных признаков и гетерозис у гибридов сои F<sub>1</sub> // *Дальневосточный аграрный вестник: научно-практический журнал*. 2020. Вып. 3 (55). С. 76–81.

11. Bjorkman O., Deming B. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins // *Planta*. 1987. 170 (4). P. 489–504.
12. Fehr W.R., Caviness C.E., Burmood D.T., Pennington J.S. Stages of development descriptions for soybeans, *Glycine max.* (L) Merr. // *Crop Sci.* 1971. № 11. P. 929–930.
13. Krause G.H., Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics // *Annu Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol.* 1991. V. 42. P. 313–349.
14. Krause G.H., Jahns P. Non-photochemical energy-dissipation determined by chlorophyll fluorescence quenching: characterization and function // Papageorgiou G.C, Govindjee (eds.) *Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis*. Springer, The Netherlands. 2004. V. 19. P. 463–495.
15. Mahlein A.K., Kuska M.T., Behmann J. New trends of digital technologies opportunities for sugar beet cultivation // *Int. sugar j.* 2019. № 121 (1442). P. 134–137.
16. Matsuda Ryo, Ohashi-Kaneko Keiko, Fujiwara Kazuhiro, Kurata Kenji. Analysis of the relationship between blue-light photon flux density and the photosynthetic properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves with regard to the acclimation of photosynthesis to growth irradiance // *Soil Sci. and Plant Nutr.* 2007. № 53 (4). P. 459–465.
17. Rahimzadeh-Bajgiran P., Munehiro M., Omasa K. Relationships between the photochemical reflectance index (pri) and chlorophyll fluorescence parameters and plant pigment indices at different leaf growth stages // *Photosynthesis Research*. 2012. № 113. P. 261–271. DOI: 10.1007/s11120-012-9747-4.
18. Shcherban A.B. HD-Zip Genes and Their Role in Plant Adaptation to Environmental Factors. *Russian journal of genetics*. 2019. № 55 (1). P. 1–9. DOI: 10.1134/S1022795419010125.
19. Zhang Y., Yang Q., Li T., Kaiser E. Short-term salt stress strongly affects dynamic photosynthesis, but not steady-state photosynthesis, in tomato (*solanum lycopersicum*) // *Environmental and Experimental Botany*. 2018. № 149. P. 109–119. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2018.02.014.
20. Zheng J.F., He D.X., Ji F. Effects of light intensity and photoperiod on runner plant propagation of hydroponic strawberry transplants under LED lighting // *International journal of agricultural and biological engineering*. 2019. 12 (6). P. 26–31. DOI: 10.25165/j.ijabe.20191206.5265.

#### REFERENCES

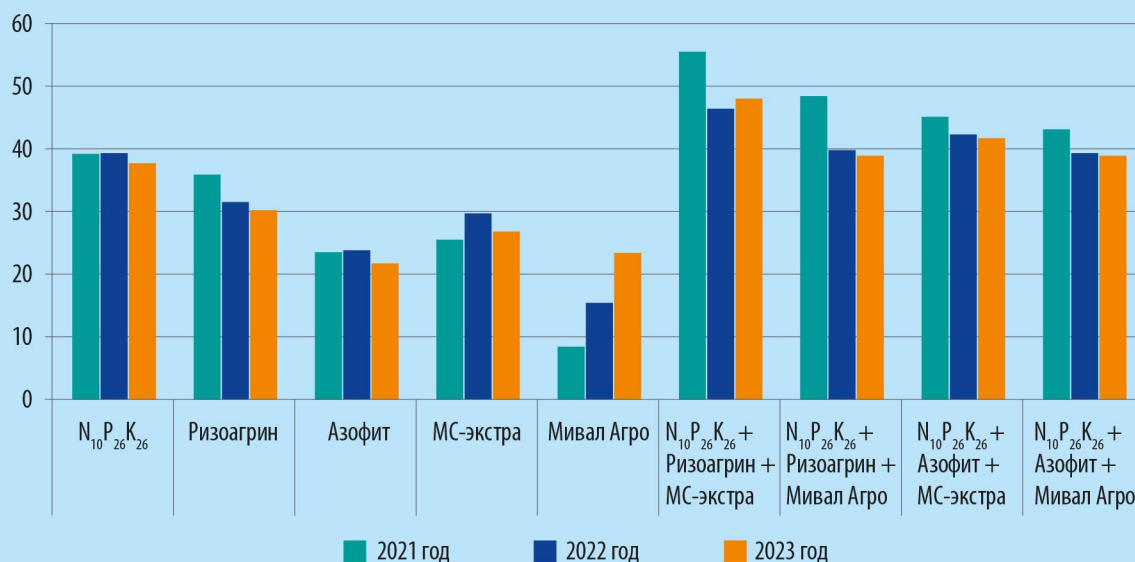
1. Golovina E.V. Ekologo-geneticheskaya izmenchivost' soderzhaniya pigmentov v list'yakh sortov soi severnogo ekotipa // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019. № 3 (31). S. 74–79.
2. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Bubnova L.A. i dr. Srednerannii tenevynosliviy sort soi Vilana beta // *Maslichnye Kul'tury*. 2020. Vyp. 1 (181). S. 140–146.
3. Ivanov L.A., Ronzhina D.A., Yudina P.K. i dr. Sezonnaya dinamika soderzhaniya khlorofillov i karotinoidov v list'yakh stepnykh i lesnykh rastenii na urovne vida i soobshchestva // *Fiziologiya rastenii*. 2020. T. 67 № 3. S. 278–288.
4. Kabashnikova L.F. Khlorofill – zelenoe veshchestvo zhizni // *Nauka i innovatsii*. 2018. № 1 (179). S. 65–69.
5. Koshkin E.I. Fiziologiya ustoychivosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. M. 2010. 638 s.
6. Malyshev K.K., Ryazantseva T.P. Nekotorye voprosy biologii soi, svyazannye s metodikoi gibrizatsii // *Trudy Amurskoi sel'skokhozyaystvennoi opytnoi stantsii*. Khabarovsk. 1968. T. 2. Vyp. 1. S. 38–48.

7. Nichiporovich A.A. Svetovoe i uglerodnoe pitanie rastenii (fotosin-tez). M., 1955. 286 s.
8. Rusakov V.V., Posypanov G.S., Sinegovskaya V.T. Istochniki azota dlya formirovaniya semyan soi pri razlichnykh usloviyakh vyrashchivaniya // Priemy regulirovaniya produktivnosti soi. Novosibirsk, 1987. S. 108–126.
9. Timiryazev K.A. Izbrannye sochineniya. M.: Sel'khozgiz, 1948. T. 2. 424 s.
10. Fokina E.M., Titov S.A., Gubenko O.A. Nasledovanie khozyaistvenno tsennykh priznakov i geteroziz u gibridov soi F1 // Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik: nauchno-prakticheskii zhurnal. 2020. Vyp. 3 (55). S. 76–81.
11. Bjorkman O., Deming B. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins // Planta. 1987. 170 (4). P. 489–504.
12. Fehr W.R., Caviness C.E., Burmood D.T., Pennington J.S. Stages of development descriptions for soybeans, *Glycine max.* (L) Merr. // Crop Sci. 1971. № 11. P. 929–930.
13. Krause G.H., Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics // Annu Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol. 1991. V. 42. P. 313–349.
14. Krause G.H., Jahns P. Non-photochemical energy-dissipation determined by chlorophyll fluorescence quenching: characterization and function // Papageorgiou G.C, Govindjee (eds.) Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. Springer, The Netherlands. 2004. V. 19. P. 463–495.
15. Mahlein A.K., Kuska M.T., Behmann J. New trends of digital technologies opportunities for sugar beet cultivation // Int. sugar j. 2019. № 121 (1442). P. 134–137.
16. Matsuda Ryo, Ohashi-Kaneko Keiko, Fujiwara Kazuhiro, Kurata Kenji. Analysis of the relationship between blue-light photon flux density and the photosynthetic properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves with regard to the acclimation of photosynthesis to growth irradiance // Soil Sci. and Plant Nutr. 2007. № 4 (53). P. 459–465.
17. Rahimzadeh-Bajgiran P., Munehiro M., Omasa K. Relationships between the photochemical reflectance index (pri) and chlorophyll fluorescence parameters and plant pigment indices at different leaf growth stages. Photosynthesis Research. 2012. 113. P. 261–271. DOI: 10.1007/s11120-012-9747-4.
18. Shcherban A.B. HD-Zip Genes and Their Role in Plant Adaptation to Environmental Factors. Russian journal of genetics. 2019. 55 (1). P. 1–9. DOI: 10.1134/S1022795419010125.
19. Zhang Y., Yang Q., Li T., Kaiser E. Short-term salt stress strongly affects dynamic photosynthesis, but not steady-state photosynthesis, in tomato (*solanum lycopersicum*) // Environmental and Experimental Botany. 2018. № 149. P. 109–119. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2018.02.014.
20. Zheng J.F., He D.X., Ji F. Effects of light intensity and photoperiod on runner plant propagation of hydroponic strawberry transplants under LED lighting // International journal of agricultural and biological engineering. 2019. 12 (6). P. 26–31. DOI: 10.25165/j.ijabe.20191206.5265.

*Поступила в редакцию 28.02.2024*

*Принята к публикации 13.03.2024*

Диаграмма к статье Ханиевой И.М. и др. «Совершенствование технологии возделывания проса в Кабардино-Балкарской Республике» (стр. 26)



Прибавка урожая проса сорта *Кавказские зори* под влиянием минерального удобрения, бактериальных препаратов и стимуляторов роста.

Фотографии к статье Синеговской В.Т. и др. «Использование физиологических методов в создании сортов сои» (стр. 30)

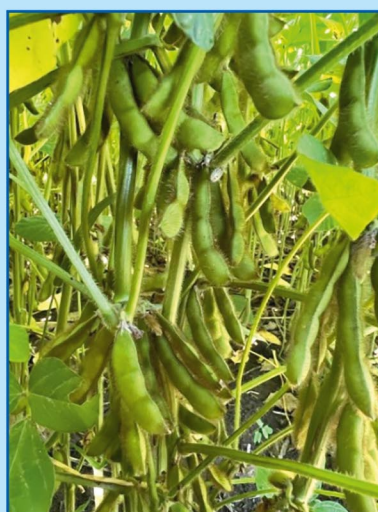


Рис. 4. Сорт сои *Лучистая*: растение, бобы, семена.

Рисунок к статье Сибирёва А.В. и др. «Прогнозирование уровня биологических рисков возникновения и распространения инфекционных и паразитарных заболеваний картофеля» (стр. 89)

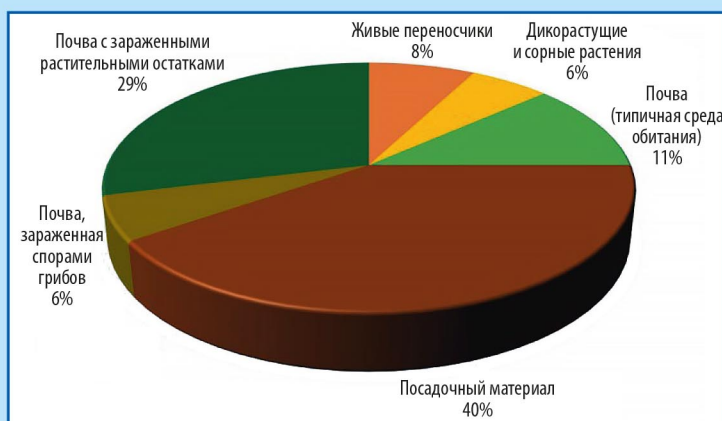


Рис. 2. Структура долевого распределения основных резервуаров инфекции, характерных для возбудителей инфекционных и паразитарных заболеваний картофеля.