

ПАРАМЕТРЫ ФОТОСИНТЕЗА МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР СЕМЕЙСТВА *BRASSICACEAE*

ПРАХОВА Татьяна Яковлевна, Федеральный научный центр лубяных культур

КШНИКАТКИНА Анна Николаевна, Пензенский государственный аграрный университет

ИЛЬИНА Галина Викторовна, Пензенский государственный аграрный университет

ШАГИЕВ Батыр Зайнуллинович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

34

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

5

2020

Представлены результаты изучения параметров фотосинтетической деятельности масличных культур: рыжика ярового, крамбе абиссинской и горчицы белой. Так, в фазе розетки ассимиляционная поверхность составляла 11,2–21,8 тыс. м²/га. Наименьшая площадь листьев 11,2 тыс. м²/га сформировалась в агроценозе крамбе абиссинской. В фазу бутонизации площадь листьев крамбе увеличилась в 2 раза и составила 22,3 тыс. м²/га. Максимального значения листовая поверхность у всех изучаемых масличных культур достигает в фазу цветения – 42,4–52,1 тыс. м²/га. У горчицы белой минимальная площадь листьев была в фазу розетки – 21,8 тыс. м²/га, максимальная в фазу цветения – 44,2 тыс. м²/га. Затем общая ассимиляционная поверхность уменьшилась на 29,5 % и составила 31,2 тыс. м²/га. Величина фотосинтетического потенциала по культурам колебалась в пределах от 1594 до 1964 тыс. м²×сум./га. Максимальная величина фотосинтетического потенциала отмечена у крамбе абиссинской – 1964 тыс. м²×сум./га, минимальная у рыжика ярового – 1594 тыс. м²×сум./га. Высокий показатель чистой продуктивности фотосинтеза у крамбе абиссинской – 2,52 г/м²×сум. Горчица белая и рыжик яровой характеризуются несколько меньшими параметрами чистой продуктивности фотосинтеза – 2,07 и 1,98 г/м²×сум. Более продолжительный период работы ассимиляционной поверхности растений рыжика ярового, горчицы белой и крамбе абиссинской обеспечивает высокую чистую продуктивность фотосинтеза – 1,98–2,52 г/м²×сум. и, как следствие, высокую потенциальную урожайность до 2,11–3,05 т/га.

Введение. Капустные культуры занимают одну из ведущих позиций в мировом производстве масличных культур. В последние годы всё больше возрастает интерес к мало-распространенным и нетрадиционным культурам семейства *Brassicaceae* – рыжик посевной (*Camelina sativa* C.), крамбе абиссинская (*Crambe abyssinica* H.) и горчица белая (*Sinapis alba* L.) [7].

Интерес к ним обусловлен не только их уникальными биологическими особенностями, но и высокой продуктивностью маслосемян (2,0–2,5 т/га), а также масличностью (40–43 %). Их используют на технические, пищевые и кормовые цели. Жирнокислотный состав масла данных культур (высокое содержание эруковой и эйкозеновой кислот) позволяет использовать их для получения биотоплива [3, 10, 12, 14].

Определяющим фактором получения высоких урожаев той или иной культуры является повышение фотосинтетической деятельности посевов, важными показателями которой являются площадь листьев, фотосинтетический потенциал и чистая продуктив-

ность фотосинтеза. В свою очередь фотосинтетическая деятельность растений является важным элементом их жизнедеятельности, так как обуславливает продуктивность посева и накопление в семенах питательных веществ. Фотосинтез является основной функцией и главным процессом питания растений, в результате которого создается 90–95 % биомассы [2, 4, 6, 8].

Продолжительность работы ассимиляционной поверхности растений характеризует фотосинтетический потенциал, формирование которого происходит в соответствии с нарастанием площади листьев [8]. Темп роста площади листьев служит показателем степени обеспеченности посевов оптимальными условиями развития и, в конечном итоге, формирования урожайности [7, 12].

Конечным этапом фотосинтетической деятельности посевов является чистая продуктивность фотосинтеза, суммарный приход ФАР и, как результат, потенциальная урожайность культуры, которая реализуется при удовлетворении всех требований ее биологии



в оптимальных агрометеорологических условиях [8, 12].

На динамику развития листовой поверхности и фотосинтетическую деятельность посевов в целом большое влияние оказывают биологические особенности культуры [5, 13].

С физиологической точки зрения полное и всестороннее изучение процесса фотосинтеза позволяет выявить приемы возделывания культуры, обеспечивающие наилучшие условия развития и получение максимального количества продукции [1, 8].

В связи с этим целью исследований являлось изучение физиологических параметров фотосинтетической деятельности рыжика ярового, крамбе абиссинской и горчицы белой.

Методика исследований. Объектом исследований являлись яровой рыжик сорт Велес, крамбе абиссинская сорт Полет и горчица белая сорт Люция. Определение параметров фотосинтетических показателей проводили согласно существующим методическим рекомендациям. Определение площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала (ФП) и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) определяли по методике, описанной А.А. Ничипоровичем [8]. Величину потенциальной урожайности рассчитывали путем отношения суммы фотосинтетической активной радиации (ФАР) за период вегетации культуры и калорийности органического вещества единицы урожая, умноженных на соответствующие коэффициенты [1, 9].

Результаты исследований. Изучаемые капустные культуры различались по общей величине площади листьев и динамике ее нарастания по периодам вегетации, однако

закономерность нарастания листовой поверхности сохраняется. В начальный период роста и развития растений площадь листьев нарастает очень медленно и в фазе розетки ассимиляционная поверхность их невелика и составляет в зависимости от культуры 11,2–21,8 тыс. м²/га. (табл. 1).

Так, наименьшая ассимиляционная поверхность сформировалась в посевах крамбе абиссинской, площадь листьев 11,2 тыс. м²/га. Затем площадь листьев медленно увеличивается и в фазу бутонизации составляет 22,3 тыс. м²/га. Максимального значения данный показатель достигает в фазу цветения (52,1 тыс. м²/га), к моменту прекращения образования боковых побегов и роста растений в высоту. По данному показателю крамбе превышает площадь листьев горчицы на 7,9 и рыжика на 9,7 тыс. м²/га. Затем площадь листьев снижается, что обусловлено подсыханием биомассы и опадением листьев, и в фазу спелости семян она составляет 30,9 тыс. м²/га, что ниже чем у горчицы и несущественно выше чем у рыжика ярового. Превышение по отношению к рыжику составило 2,6 тыс. м²/га (9,2 %).

У горчицы белой минимальная площадь листьев была в фазу розетки 21,8 тыс. м²/га, максимальная – в фазу цветения 44,2 тыс. м²/га. Начиная с фазы «зеленого стручка» и до полной спелости растения начинают терять листья, общая ассимиляционная поверхность сокращается на 29,5 % и составляет 31,2 тыс. м²/га. Нарастание площади листьев происходит более интенсивно, от фазы розетки до фазы цветения ассимиляционная поверхность растений увеличивается в 1,6–2,2 раза. В фазу полной спелости происходит сокращение листовой

Таблица 1

Ассимиляционная поверхность масличных культур (2017–2019 гг.)

Сорт	Площадь листьев по фазам развития, тыс. м ² /га			
	розетка	бутонизация	цветение	спелость
Рыжик яровой	19,4	27,3	42,4	28,3
Крамбе абиссинская	11,2	22,3	52,1	30,9
Горчица белая	21,8	32,1	44,2	31,2
HCP ₀₅	7,32	6,31	7,11	4,28

Таблица 2

Показатели фотосинтетической деятельности и урожайность семян масличных культур (2017–2019 гг.)

Культура	Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² ×сут./га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² ×сут.	Потенциальная урожайность, т/га
Рыжик яровой	1594	1,98	2,27
Крамбе абиссинская	1964	2,52	3,05
Горчица белая	1691	2,07	2,11
HCP ₀₅	247,0	0,37	0,73



поверхности одного растения за счет уменьшения размера и количества листьев. Общая ассимиляционная поверхность сокращается в 1,5 раза, или на 33,5 %. В фазу полного цветения затененные листья нижних ярусов прекращают свою деятельность и начинают опадать, однако прирост листовой поверхности продолжается за счет нарастания листьев в верхней части растений. Достигнув максимальных значений, листовая поверхность в таком состоянии в зависимости от складывающихся условий выращивания «работает» различный период времени, увеличивает общий фотосинтетический потенциал посевов, а, в конечном счете, их продуктивность.

Величина урожая зависит не только от листовой площади, но находится в тесной связи от продолжительности «работы» листового аппарата, которую характеризует фотосинтетический потенциал. Формирование его происходит в соответствии с нарастанием площади листьев и подвержен таким же закономерностям. В среднем за годы исследований величина фотосинтетического потенциала по культурам колебалась в пределах от 1594 до 1964 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сут.}/\text{га}$. Максимальная величина фотосинтетического потенциала отмечена у крамбе и составила в среднем 1964 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сут.}/\text{га}$. Минимальный фотосинтетический потенциал был у рыжика ярового, так как у него самый короткий вегетационный период (76 дней) по сравнению с горчицей и крамбе, следовательно, продолжительность работы ассимиляционного аппарата снижается и уменьшается величина фотосинтетического потенциала (табл. 2).

Конечным результатом фотосинтетической деятельности посевов является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), которая изменяется в том же направлении, что и площадь листовой поверхности и ее максимум приходится на фазу розетка – цветение, когда фотосинтетическая деятельность преобладает над уровнем потребления продуктов фотосинтеза растением, а минимум – на фазу цветение – спелость, когда происходит формирование стручков и семян.

В начале вегетации нарастание сухой биомассы культур идет медленно, затем приrostы увеличиваются. В период цветения, когда площадь листьев наибольшая, суточные приrostы биомассы снижаются. В это время происходит перераспределение накопленных ассимилянтов из листьев и стеблей в генеративные органы.

Высокий показатель чистой продуктивности фотосинтеза отмечен у крамбе абиссинской и составлял 2,52 $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{сут.}$ Горчица белая

и рыжик яровой характеризуются меньшими параметрами чистой продуктивности фотосинтеза (2,07 и 1,98 $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{сут.}$). Несмотря на это, эффективная работа фотосинтетического аппарата растений данных культур обеспечивает высокий уровень фотосинтетической деятельности посевов, что способствует формированию высокой потенциальной урожайности, достигающей 2,11–2,27 т/га. Наиболее высоким потенциалом урожайности отличается крамбе абиссинская – 3,05 т/га.

Изучаемые культуры различаются по длине вегетационного периода, который составляет 76 дней у ярового рыжика, 96 дней – у горчицы и 103 дня – у крамбе. В связи с этим суммарный приход ФАР по культурам составил 85,6–90,6 $\text{kДж}/\text{см}^2$, что позволило выявить потенциальные возможности формирования урожайности культур.

Рассчитанный потенциальный урожай маслосемян рыжика, крамбе и горчицы при использовании 1,5 % солнечной радиации не следует считать предельным. Увеличение коэффициента использования ФАР до 2–3 %, позволит получать более высокие урожаи масличных культур.

Проведенный корреляционный анализ показал высокую степень зависимости урожая семян от величины листовой поверхности, которая характеризуется коэффициентом корреляции ($r = 0,79$). При этом выявлена положительная связь между чистой продуктивностью фотосинтеза и урожайностью, на что указывает коэффициент корреляции ($r = 0,81$).

Заключение. Таким образом, особенности развития и биология культуры оказали решающее воздействие на параметры фотосинтетической деятельности агроценоза масличных культур. Растения рыжика ярового, горчицы белой и крамбе абиссинской длительно сохраняют в работоспособном состоянии ассимиляционную поверхность, что обеспечивает высокую чистую продуктивность фотосинтеза 1,98–2,52 $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{сут.}$ и позволяет формировать высокую потенциальную урожайность, достигающую 2,11–3,05 т/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баранов В. Д., Тараканов И. Г. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – М., 1990. – 71 с.
- Беденко В.П., Коломейченко В.В. Фотосинтез и продукционный процесс. – Орел, 2008. – 144 с.
- Зазуля А.Н., Романцова С.В., Улюкина Е.А. Расширение сырьевых ресурсов для производства биодизельного топлива // Наука в центральной России. – 2014. – № 4. – С. 64–84.
- Кинникаткин, С.А., Аленин П.Г., Воронова И.А. Продукционный процесс агроценозов зерновых,



кормовых и лекарственных культур при бинарной обработке семян и растений физиологически активными веществами // Нива Поволжья. – 2015. – № 3 (36). – С. 71–77.

5. Кинникаткина А.Н., Аленин П.Г., Кинникаткин С.А. Фотосинтетическая деятельность агроценоза ряжика озимого в зависимости от способа применения микроэлементных удобрений и регуляторов роста // Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве. – Владикавказ, 2017. – С. 160–163.

6. Кинникаткина А.Н., Прахова Т.Я., Крылов А.П. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность масличных культур в условиях Средневолжского региона // Нива Поволжья. – 2018. – № 2 (47). – С. 65–69.

7. Кинникаткина А.Н., Прахова Т.Я., Крылов А.П. Агроэкологическое изучение масличных культур семейства *Brassicaceae* в условиях Среднего Поволжья // Нива Поволжья. – 2018. – № 1 (46). – С. 54–60.

8. Ничипорович А.А. Основы фотосинтетической продуктивности растений // Современные проблемы фотосинтеза. – М., 1973. – С. 17–43.

9. Образцов А.С. Потенциальная продуктивность культурных растений. – М., 2001. – 504 с.

10. Сазонкин К.Д., Крючков М.М. Крамбе абиссинская. Нетрадиционная масличная культура, обладающая большим потенциалом // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. – Рязань, 2019. – С. 536–541.

11. Уханов А.П., Голубев В.А. Перспективы использования биотоплива из горчицы // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2011. – № 1. – С. 88–92.

12. Формирование и фотосинтетическая деятельность смешанных агрофитоценозов с донником / А.Н. Кинникаткина [и др.] // Нива Поволжья. – 2019. – № 1 (50). – С. 26–32.

13. Mostofa U.H., Nazrul I., Monjurul K., Noor H.M. Performance of Rapeseed and Mustard (*Brassica* sp.) varieties/lines in North-East region (Sylhet) of Bangladesh // Agricultural Research & Technology, 2016, June, Vol. 1 (5), P. 001–006.

14. Prakhova T.Ya., Smirnov A.A., Gushchina V.A., Kukharev O.N. Agrobiological basis for formation of *crambe abyssinica* agrocoenosis in condition of middle Volga // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2018, № 9 (5), P. 2168–2172.

Прахова Татьяна Яковлевна, д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории селекционных достижений, Федеральный научный центр лубяных культур. Россия.

170041, г. Тверь, Комсомольский пр-кт, 17/56.

Тел.: 89534479608; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru.

Кинникаткина Анна Николаевна, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции», Пензенский государственный аграрный университет. Россия.

Ильина Галина Викторовна, д-р биол. наук, проф. кафедры «Биология, биологические технологии и ветеринарно-санитарная экспертиза», Пензенский государственный аграрный университет. Россия.

440014, г. Пенза, Ботаническая ул., 30.

Тел.: 8927391281; e-mail: ilyina.g.v@pgau.ru.

Шагиев Батыр Зайнуллинович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

Тел. : (8452) 26-27-83.

Ключевые слова: крамбе абиссинская; яровой ряжик; горчица белая; параметры фотосинтеза; потенциальная продуктивность.

FERTILIZERS AS AN EFFECTIVE METHOD OF INCREASING THE RESISTANCE OF POTATOES TO DISEASES IN THE CONDITIONS OF THE STEPPE VOLGA REGION

Prakhova Tatyana Yakovlevna, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Center for Fiber Crops. Russia.

Kshnikatkina Anna Nikolaevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair “Agricultural Processing”, Penza State Agrarian University. Russia.

Ilyina Galina Viktorovna, Doctor of Biological Sciences, Professor of the chair “Biology, Biological Technologies and Veterinary-sanitary Expertise”, Penza State Agrarian University. Russia.

Shagiev Batyr Zainullinovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair “Agriculture, Amelioration and Agrochemistry”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Russia.

Keywords: Abyssinian crambe; false flax; white mustard; photosynthesis parameters; potential productivity.

The results of studying the parameters of photosynthetic activity of oilseeds (false flax, Abyssinian crambe and white mustard) are presented. So, in the phase of the rosette, the assimilation surface was 11.2–21.8 thousand m² per hectare. The smallest leaf area of 11.2 thousand m² per hectare was formed in the Abyssinian crambe ag-

rocenosis. During the budding phase, the leaf area of the crambe doubled and amounted to 22.3 thousand m² per hectare. The leaf surface of all studied oilseeds reaches its maximum value in the flowering phase - 42.4–52.1 thousand m² per hectare. In white mustard, the minimum leaf area was in the rosette phase - 21.8 thousand m² per hectare, the maximum - in the flowering phase - 44.2 thousand m² per hectare. Then the total assimilation surface decreased by 29.5% and amounted to 31.2 thousand m² per hectare. The value of photosynthetic potential ranged from 1594 to 1964 thousand m² × day per hectare. The maximum value of photosynthetic potential was in Abyssinian crambe - 1964 thousand m² × day per hectare, the minimum one - in false flax - 1594 thousand m² × day per hectare. The high productivity of photosynthesis was in Abyssinian crambe (2.52 g / m² × day). White mustard and false flax are characterized by slightly lower parameters of the net productivity of photosynthesis - 2.07 and 1.98 g / m² × day, respectively. A longer period of the assimilation surface of false flax, white mustard and Abyssinian crambe plants provides high net photosynthesis productivity - 1.98–2.52 g / m² × day and, as a result, high potential productivity up to 2.11–3.05 t / ha.

