

ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА ПЕРИОДА ВСХОДЫ- БУТОНИЗАЦИЯ ДЛЯ ЛИСТОЧКОВЫХ И ПОЛУБЕЗЛИСТОЧКОВЫХ ОБРАЗЦОВ ГОРОХА

Е.В. Кожухова, к. с.-х. н., Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия
e-mail: elena.kojuhova@yandex.ru

В.В. Новиков, Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия
e-mail: valeranovsav@yandex.ru

Аннотация. Проведено исследование продуктивности фотосинтеза гороха листочковых и полубезлисточковых образцов периода всходы – бутонизация в условиях Красноярской лесостепи. Ставились задачи: проанализировать элементы, влияющие на интенсивность фотосинтеза в период всходы – бутонизация, и оценить чистую продуктивность фотосинтеза у образцов гороха разного морфотипа. Выявлено, что в фазе всходов показатели площади прилистников и сбор воздушно-сухого вещества полубезлисточковых образцов могут конкурировать с листочковыми образцами даже учитывая суммированную площадь их листьев и прилистников. В фазе бутонизации суммированная площадь листьев и прилистников листочковых образцов превышает показатели полубезлисточковых образцов. ЧПФ и максимальная прибавка сухого вещества за учетный период всходы – бутонизация выявлена у образца с видоизмененным усатым типом листа – Ж-55, при минимальном приросте листовой поверхности.

Ключевые слова: горох, продуктивность фотосинтеза, листья, прилистники, всходы, бутонизация

THE PRODUCTIVITY OF PHOTOSYNTHESIS AT THE SHOOTING-BUDONIZATION PERIOD FOR PEA SAMPLES AND SEMI-LEAFLESS SAMPLES

E.V. Kozhukhova, candidate of Agricultural Sciences, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

email: elena.kojuhova@yandex.ru

V.V. Novikov, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

e-mail: valeranovsav@yandex.ru

Abstract. A study was made of the productivity of photosynthesis in peas of leafy and semi-leafless samples of the period shoots - budding under the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. The following tasks were set: to analyze the elements that affect the intensity of photosynthesis during the period of germination - budding, and to evaluate the net productivity of photosynthesis in pea samples of different morphotypes. It was found that in the seedling phase, the indicators of the area of stipules and the collection of air-dry matter of semi-leafless samples can compete with leaf samples, even taking into account the summed area of their leaves and stipules. In the budding phase, the summed area of leaves and stipules of leaf samples exceeds those of semi-leafless samples. NPP and the maximum increase in dry matter for the accounting period shoots - budding was detected in a sample with a modified mustachioed type of leaf - Zh-55, with a minimum increase in the leaf surface.

Keywords: peas, photosynthesis productivity, leaves, stipules, seedlings, budding

Введение

Фотосинтетическая нагрузка в системе целого растения приходится на листовую аппарат. На интенсивность фотосинтеза решающее влияние оказывают как биотические (свет, температура, влажность почвы, содержание в воздухе углекислого газа), так и абиотические факторы окружающей среды (обеспеченность почвы элементами минерального питания). Одни из указанных факторов, например, освещенность и

содержание углекислого газа в воздухе, действуют на фотосинтез непосредственно, другие – содержание воды и минеральных элементов – косвенно, через воздействие на другие физиологические процессы растения [1]. Оказывает влияние также обработка почвы [2]. Интенсивность фотосинтеза гороха может существенно изменяться в зависимости от погодных условий года [3].

Листовой аппарат гороха довольно сложный предмет исследования, что связано с его строением, а именно наличием прилистников, листьев и усиков, и иногда просто прилистников и усиков – видоизмененных листьев. У растений гороха основной вклад в формирование урожая приходится на листочки и прилистники. Было выявлено, что у образцов с видоизмененным, усатым типом листа дополнительная фотосинтетическая нагрузка перераспределяется на прилистники. Фотосинтез у таких сортов идет интенсивнее [4]. Формы с видоизменёнными листьями обладают высоким фотосинтетическим потенциалом, что, вероятно, обусловлено одновременным функционированием двух или, соответственно, трёх аллелей, которые не только формируют архитектуру листа, но и участвуют в процессе фотосинтеза [5].

Выявлено, что у растений гороха листочкового морфотипа активность фотосинтеза фотоассимилирующих органов во многом зависит от условий вегетации и фазы роста. Интенсивность фотосинтеза листочков и прилистников достигает максимума в фазу массового образования плодов (конца цветения), при этом отмечается существенное влияние на данный процесс температуры воздуха и увлажнения почвы [6, 7].

В условиях Восточной Сибири исследования продуктивности фотосинтеза гороха листочковых и полубезлисточковых образцов ранее не проводились, чем обусловлена актуальность и новизна проводимых исследований, целью которых является оценка чистой продуктивности фотосинтеза в период всходы – бутонизация для листочковых и полубезлисточковых образцов гороха посевного.

Задачи:

1. Проанализировать элементы, влияющие на интенсивность фотосинтеза в период всходов и бутонизации для листочковых и полубезлисточковых образцов гороха посевного.

2. Определить и сравнить ЧПФ и максимальную прибавку сухого вещества за учетный период всходы – бутонизация у исследуемых образцов.

Методы исследований

Исследования проводились в лаборатории селекции гороха Красноярского НИИСХ, объектами изучения являлись четыре среднестебельных образца гороха посевного, собственной селекции, из которых два - листочкового морфотипа – Радомир и Ж-58, а также два образца с видоизмененным усатым типом листа – Л-34 и М-27.

Определялись площади листьев и прилистников с растений в 4 повторностях, длина растений, их вес до и после высушивания, на основании чего рассчитывались содержание и сбор воздушно-сухого вещества. Площадь листьев и прилистников определялась посредством сканирования листьев и прилистников, а также дальнейшей цифровой обработки изображения с целью измерения площадей по контуру.

В дальнейшем рассчитывался ИЛП (индекс листовой поверхности, $\text{м}^2/\text{м}^2$) для листьев и прилистников и ЧПФ – чистую продуктивность фотосинтеза, показывающую количество сухого вещества в граммах, образующееся в растении за сутки в расчете на 1 м^2 листовой поверхности, и рассчитывающееся по формуле:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B1-B2}{0,5*(L1+L2)*T}, (\text{г}/\text{м}^2 \text{ в сутки}),$$

где B1 и B2 – масса сухого вещества растения в начале и в конце учетного периода; 0,5 (L1+L2) - средняя площадь листьев в начале (L1) и в конце (L2) учетного периода; T – продолжительность учетного периода.

Для листочковых образцов суммировали площадь листьев и прилистников, для сортов с видоизмененным усатым типом листа учитывали только площадь прилистников.

Тепло- и влагообеспеченность периода проведения учетов отличалась от среднемноголетних значений за счет уменьшенной нормы осадков по сравнению со средними многолетними показателями во все декады за исключением 3 декада мая, когда сумма осадков превысила среднемноголетнее значение на 16 мм. Подекадное отклонение от среднемноголетних значений средних температур и суммы осадков, а также подекадное ГТК учетных периодов продемонстрировано на рисунке 1.

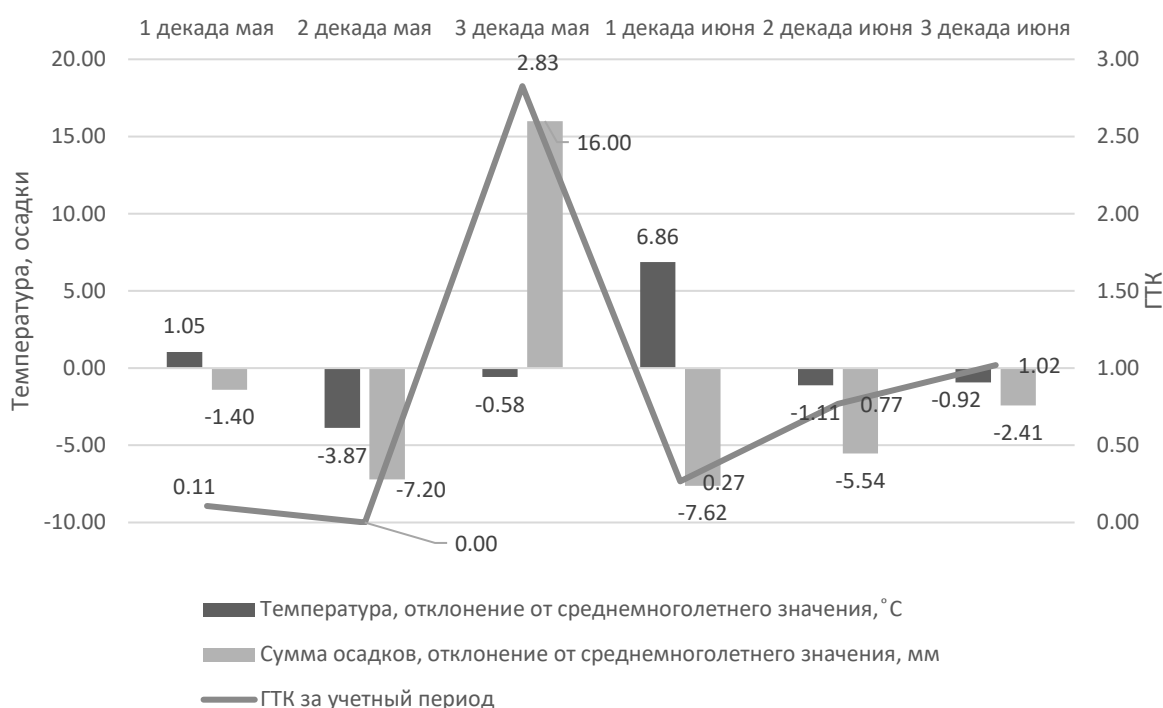


Рисунок 1. Подекадная характеристика тепло- и влагообеспеченности учетного периода, и ее сравнение со среднемноголетними значениями

Результаты исследований

В сумме масса листьев и прилистников закономерно была больше у листочковых образцов, но при этом масса прилистников образцов с

видоизмененным усатым типом листа достоверно превышала площадь прилистников листочковых образцов. Площадь прилистников у полубезлисточковых образцов могла превышать не только площадь прилистников листочковых, но и сумму площадей листьев и прилистников (М-27 – 26,7 см²/растение (листья + прилистники), Ж-55 – 33,2 см²/растение (прилистники).

Масса воздушно-сухого вещества образца с усатым типом листа Ж-55 (31,26 г/м²) также превышала значение данного показателя у остальных образцов (табл. 1).

Таблица 1 – Элементы структуры, влияющие на интенсивность фотосинтеза для листочковых и полубезлисточковых образцов в период всходов

Показатель	Листочковые образцы		Полубезлисточковые образцы		НСР _{0,5}
	Радомир	М-27	Л-34	Ж-55	
Длина растений	9,43	10,38*	12,25*	14,88*	0,93
Масса до высушивания, г/м ² : растений	126	120	126	156	32,70
листьев	64,98	60,42	-	-	12,30
прилистников	28,4	24,2	51,2*	66,5*	13,50
Площадь листьев, см ² /растение	26,5	14,2	-	-	4,40
ИЛП листьев, м ² /м ²	0,32	0,30			0,05
Площади прилистников, см ² /растение	14,2	12,5	25,6*	33,2*	4,10
ИЛП прилистников, м ² /м ²	0,17	0,15	0,31	0,40	-
Сухая масса растений, г/м ²	29,4	29,9	26,14	31,26	7,50
Выход воздушно-сухого вещества, %	23,3	25,0	20,8	20,0	4,20
Масса воздушно-сухого вещества, г/м ²	29,4	29,9	26,16	31,26	6,30

Так как влагообеспечение периода, предшествующего проведению учетов, было недостаточным (ГТК 1 декады июня – 0,27, 2 декады июня – 0,77, 3 декады июня – 0,00), растения долго развивались, их длина к периоду

бутонизации была значительно ниже обычного, и составляла от 28,5 до 45,8 см.

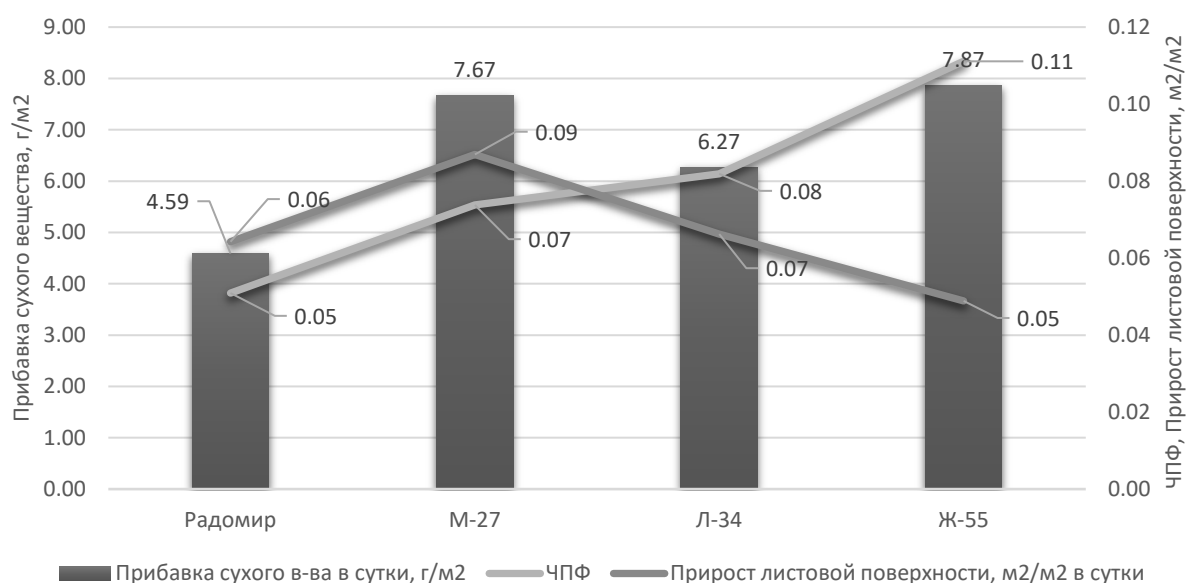
Индекс листовой поверхности увеличился к моменту бутонизации, причем для полубезлисточковых образцов ИЛП и площадь прилистников значительно превышала ИЛП и площадь прилистников листочковых образцов. Однако, на этом этапе развития растений суммированная площадь листьев и прилистников листочковых образцов (Радомир – 139,5 см²/растение, М-27 – 170,8 см²/растение) уже значительно превышала показатели площадей прилистников полубезлисточковых (Л-34 – 127,47 см²/растение, М-27 – 108,44 см²/растение).

По выходу воздушно-сухой массы полубезлисточковые образцы также конкурировали с листочковыми – максимальный показатель у Ж-55 (188,70 г/м²) (табл. 2).

Таблица 2 – Элементы структуры, влияющие на интенсивность фотосинтеза для листочковых и полубезлисточковых образцов в период бутонизации

Показатель	Листочковые образцы		Полубезлисточковые образцы		НСР _{0,5}
	Радомир	М-27	Л-34	Ж-55	
Длина растений, см	28,50	32,00	40,00	45,80	5,48
Масса до высушивания, г/м ² : растения	654,00	912,00	930,00	888,00	95,0
листьев	183,84	236,70	-	-	27,5
прилистников	141,24	183,96	266,46	245,88	26,0
Площадь листьев, см ² /растение	73,2	97,8	-	-	19,2
ИЛП листьев, м ² /м ²	0,95	1,27	-	-	0,09
Площади прилистников, см ² /растение	66,30	73,00	127,47	108,44	14,20
ИЛП прилистников, м ² /м ²	0,86	0,95	1,66	1,41	0,20
Сухая масса растений, г/м ²	111,84	169,20	139,83	174,18	19,24
Выход воздушно-сухого вещества, %	17,10	18,55	15,03	19,61	2,40
Масса воздушно-сухого вещества, г/м ²	121,16	183,3	151,48	188,70	16,08

Чистая продуктивность фотосинтеза за период всходы – бутонизация выявлена у образца с видоизмененным усатым типом листа – Ж-55 (0,11). Этот же образец продемонстрировал максимальную прибавку сухого вещества 7,87 г/м² в сутки, несмотря на то, что прирост листовой поверхности для него был минимальным и составил 0,05 м²/м² в сутки (рис. 2).



* ЧПФ – Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м

Рисунок 2. Показатели фотосинтетической активности образцов

Следовательно, у образцов с усатым, видоизмененным типом листа за период всходы – бутонизация дополнительная фотосинтетическая нагрузка перераспределяется на прилистники и усики.

Выводы и предложения

В нашем случае, значительное влияние на минимальное накопление сухого вещества и прироста листовой поверхности оказали сложившиеся погодные условия. Но можно подытожить следующее, что:

1. В фазе всходов показатели площади листьев (и прилистников) для полубезлисточковых образцов, а также сбор воздушно-сухого вещества могут успешно конкурировать с листочковыми образцами.

В фазе бутонизации суммированная площадь листьев и прилистников листочковых образцов превышала показатели площадей прилистников полубезлисточковых, но выходу воздушно-сухого вещества полубезлисточковые образцы конкурировали с листочковыми – максимальный показатель у образца с видоизмененным усатым типом листа Ж-55 (188,70 г/м²).

2. ЧПФ и максимальная прибавка сухого вещества за учетный период всходы – бутонизация выявлена у образца с видоизмененным усатым типом листа – Ж-55, при минимальном приросте листовой поверхности.

Библиографический список

1. Козулина, Н. С. Влияние минеральных удобрений на состояние фотосинтетического аппарата зерновых культур / Н. С. Козулина. DOI 10.52686/9785604525029_82
2. Toigildin, A. L. The Photosynthetic Potential and Productivity of Grain Legume Crops in the Forest-Steppe Zone of the Middle Volga Region / A. L. Toigildin, M. I. Podsevalov, R. A. Mustafina et al. // *Mezhdunarodny'j nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]*. – 2023. – № 1 (127). – URL: <https://research-journal.org/archive/1-127-2023-january/10.23670/IRJ.2023.127.11> (accessed: 21.06.2023). – DOI: 10.23670/IRJ.2023.127.11.
3. Хвоина, Т. Ю. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность гороха / Т. Ю. Хвоина, Г. В. Василенко, Ю. А. Гладков, Л. И. Шалагинова // *Вестник Алтайского ГАУ*. – 2004. – № 4. – С. 140–142.
4. Чекалин, Е. И. Интенсивность фотосинтеза хлорофиллсодержащих органов растений старых и новых сортов гороха посевного / Е. И. Чекалин, А. В. Амелин // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 66. С. 237–242. DOI: 10.21515/1999-1703-66-237-242.
5. Зеленов, А. Н. Повышение биоэнергетического потенциала растения – актуальная проблема селекции гороха / А. Н. Зеленов, А. А. Зеленов // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2016. – № 4 (20). – С. 9–15.
6. Чекалин, Е. И. Влияние температуры, увлажнения и фазы роста на интенсивность фотосинтеза листочков и прилистников растений гороха посевного / Е. И. Чекалин, А. В. Амелин, И. В. Кондыков // *Вестник аграрной науки*. – 2017 – № 5 (68). – С. 12–18.
7. Чекалин, Е. И. Влияние интенсивности света на активность газообмена листьев и прилистников у белоцветковых сортов гороха / Е. И. Чекалин, А. В. Амелин, В. В. Заикин, А. М. Задорин. – 2018.