

# ИНТЕНСИВНОСТЬ ТРАНСПИРАЦИИ ЛИСТЬЕВ *GLYCINE MAX* (L.) MERR. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗЫ РОСТА И ЯРУСНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ НА РАСТЕНИИ



THE INTENSITY OF TRANSPIRATION OF THE LEAVES  
OF *GLYCINE MAX* (L.) MERR. DEPENDING ON THE  
GROWTH PHASE AND THE TIERED ARRANGEMENT ON THE PLANT

Амелин А.В. – доктор с.-х. наук, руководитель ЦКП  
«Генетические ресурсы растений и их использование»,  
профессор кафедры растениеводства, селекции и семеноводства

Чекалин Е.И. – кандидат с.-х. наук, с.н.с.  
ЦКП «Генетические ресурсы растений и их использование»

Заикин В.В. – кандидат с.-х. наук, м.н.с. ЦКП  
«Генетические ресурсы растений и их использование»  
Сальникова Н.Б. – аспирант кафедры растениеводства, селекции и  
семеноводства

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Орловский государственный  
аграрный университет имени Н.В. Парахина»  
Россия, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69  
E-mail: amelin\_100@mail.ru, hmet83@rambler.ru,  
valeriy.zaikin@mail.ru, nat.salnikova243@yandex.ru

Amelin A.V.,  
Chekalin, E. I.,  
Zaikin V. V.,  
Sal'nikova N.B.

Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education  
"Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin"  
Russia, Orel, Generala Rodina st., 69  
E-mail: amelin\_100@mail.ru, hmet83@rambler.ru,  
valeriy.zaikin@mail.ru, nat.salnikova243@yandex.ru

В рамках тематического плана ЦКП Орловского ГАУ «Генетические ресурсы растений и их использование» по совместной программе с Шатиловской СХОС ФГБНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур, проведены полевые и вегетационные опыты по изучению видовых особенностей проявления активности транспирации листьями сои. Объектом изучения служили 10 перспективных сортов сои, которые выращивали на делянках площадью 15 м<sup>2</sup> в четырехкратной повторности. Посев осуществляли селекционной сеялкой из расчета 600 тыс. всхожих семян на га. Способ размещения опытных делянок – систематический со смещением. Уход за посевами выполняли в соответствии с рекомендуемыми для региона мероприятиями. Установлено, что транспирационная активность листьев культуры резко возрастает при переходе растений к генеративному периоду развития, достигая максимума в фазу массового образования плодов, когда отмечается наиболее активный их рост и, соответственно, спрос на ассимиляты. Интенсивность транспирации листьев в данный период развития растений составляла 8,22 ммоль H<sub>2</sub>O/м<sup>2</sup>с. Самой высокой активностью транспирации отличались верхние листья, расположенные в генеративной сфере растений, а самую низкую имели нижние. На 5 узле снизу ее величина была в 2,2 раза меньше, по сравнению с ассимилирующими листьями в верхней части растений (3-4 узлы сверху). При этом наиболее интенсивное испарение воды листьями проходило с 9:00 до 13:00 часов по московскому времени. Интенсивность транспирации в этот период составляла в среднем 5,42 ммоль H<sub>2</sub>O/м<sup>2</sup>с, что было на 19,9% выше, чем в утренние часы (с 7:00 до 8:00) и на 42,3% – в послеобеденные (с 15:00 до 17:00).

**Ключевые слова:** соя, листья, ярус, онтогенез, дневной ход, интенсивность транспирации.

**Для цитирования:** Демидов Е.С., Бронич О.П., Кушнарев А.А., Шлёмка О.Н., Кропивянская И.В. СЕЛЕКЦИЯ ПЕРЦА СЛАДКОГО НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ ПРИДНЕСТРОВЬЯ. Овощи России. 2018;(1):47-49. DOI:10.18619/2072-9146-2018-1-47-49

*The thematic core facilities plan, CCU of Orel state agrarian university "Genetic resources of plants and their use" for a joint program with Shatilovskaya of Institute of leguminous and cereal crops, of field and vegetation experiments on the study of specific features of manifestation of the activity of transpiration leaves of soybean are achieved. The object of the study were 10 varieties of soybeans that were grown on plots of 15 m<sup>2</sup> in four replications. Seeding was carried out breeding seeder calculated 600 thousand of viable seeds per hectare. the way the plots were allocated systematically with offset. The care of crops was carried out in accordance with the recommended regional events. It was demonstrated that leaf transpiration activity of the culture increases sharply in the transition of plants to the generative period of development, reaching a maximum in the phase of mass fruit formation, when the most active growth and, consequently, the demand for assimilate. The intensity of transpiration of leaves during this period of plant development was by 8.22 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>c. The highest transpiration activity was typical for the upper leaves located in the generative sphere of plants, the lowest activity was found for the lowerst leaves. On the 5th node from the bottom, its value was 2.2 times lower compared to the assimilating leaves at the top of the plants (3-4 knots top). Thus, the most intensive evaporation of the water by leaves are held from 9:00 to 13:00 hours Moscow time. The intensity of transpiration in this period amounted to an average of 5.42 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>c, which was 19.9% higher than in the morning (from 7:00 to 8:00) and 42.3% in the afternoon (from 15:00 to 17:00).*

**Key words:** soy, leaves, layer, ontogeny, day course, the intensity of transpiration.

**For citation:** Amelin A.V., Chekalin, E. I., Zaikin V. V., Sal'nikova N.B. THE INTENSITY OF TRANSPIRATION OF THE LEAVES OF *GLYCINE MAX* (L.) MERR. DEPENDING ON THE GROWTH PHASE AND THE TIERED ARRANGEMENT ON THE PLANT. Vegetable crops of Russia. 2018;(1):47-49. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2018-1-47-49



Рис. 1. Выращивание сортов сои в условиях вегетационного опыта.  
Fig. 1. Cultivation of soybean varieties in the conditions of vegetation experience.



Рис. 2. Портативный газоанализатор Li-6400 XT (фирма Li-COR, США) для изучения интенсивности фотосинтеза и транспирации.  
Fig. 2. Portable gas analyzer Li-6400 XT (Li-COR, USA) to study the intensity of photosynthesis and transpiration.



Рис. 3. Полевая оценка сортов сои по интенсивности фотосинтеза и транспирации.  
Fig. 3. Field assessment of soybean varieties by intensity and transpiration.

Известно, что транспирация листьев является важным и необходимым физиологическим процессом растений [1,2,3], защищающим их от перегрева и обезвоживания в сухую и жаркую погоду, а также служащим верхним концевым двигателем водного тока, с которым осуществляется передвижение минеральных веществ и воды в надземные органы. Для полноценного функционирования растений, особенно в период цветения и плодоношения, необходима достаточная насыщенность клеток водой, что в определенной степени поддерживается транспирацией [4,5].

Создание бездефицитного водного баланса, посредством регулирования пропорциональности между поступлением и расходом воды, является в данном случае одним из необходимых условий существования всех растений, особенно в условиях засухи.

Поэтому весьма актуально изучать у каждой сельскохозяйственной культуры особенности транспирационной активности листьев и выявлять основные механизмы ее проявления с целью определения эффективных путей регулирования.

**Методика и материалы исследований**

Исследования проводили в рамках тематического плана ЦКП Орловского ГАУ «Генетические ресурсы растений и их использование» по совместной программе с Шатиловской СХОС ФГБНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур.

Объектом физиологического изучения служили листья 10 перспективных сортов сои. Опытный материал выращивали в полевых условиях на делянках площадью 15 м<sup>2</sup> в четырехкратной повторности. Посев осуществляли

держивали на уровне 70% от полной ее влагоемкости.

Интенсивность транспирации и устьичную проводимость листьев в полевых опытах оценивали по оригинальной методике немецкой фирмы Heinz Walz GmbH с помощью переносного газоанализатора марки GFS-3000 FL., а в вегетационных сосудах для их определения использовали портативный газоанализатор «Li – 6400 XT» американской фирмы Li-COR (рис. 2). Учет проводили на интактных растениях в режиме реального времени (рис. 3).

Математическую и статистическую обработку полученных экспериментальных данных проводили с помощью современных компьютерных программ.

**Результаты исследований и их обсуждение**

Исследования показали, что транспирационная активность листьев растений *Glycine max* (L.) Merr. существенно зависит от фазы роста. По данным вегетационных опытов, интенсивность транспирации резко возрастает при вступлении растений в генеративный период развития, достигая максимума в фазу массового образования плодов, когда наиболее существенно протекают биосинтетические процессы. При переходе растений от бутонизации к фазе формирования плоского боба отмечается увеличение интенсивности транспирации на 40,4%, а к моменту полного формирования семян в бобах (фаза зеленой спелости) ее величина, наоборот, снижается с 8,22 до 4,26 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>с, то есть на 48,2% (рис. 4).



Рис. 4. Интенсивность транспирации (IT) листьев у растений сои в разные фазы роста при 70% влажности почвы от ПВ, данные вегетационного опыта за 2015-2016 годы.  
Fig. 4. The intensity of transpiration (IT) of leaves in soybean plants in different phases of growth at 70% of soil moisture, vegetation experience data for 2015-2016.

селекционной сеялкой из расчета 600 тыс. всхожих семян на га. Способ размещения опытных делянок – систематический со смещением. Уход за посевами выполняли в соответствии с рекомендуемыми для региона мероприятиями.

В вегетационных опытах выращивание растений осуществляли в селекционной теплице методом почвенной культуры с использованием полимерных сосудов емкостью 5 кг сухой почвы (рис.1). Влажность почвы под-

Причем наибольшей транспирационной активностью в этот период обладают листья, расположенные в верхних ярусах растений, как наиболее молодые. Интенсивность испарения ими воды (3-4 узел главного побега сверху) составляла 5,22 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>с, средних – 3,95 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>с, нижних – 2,37 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>с. То есть активность транспирации верхних листьев в 2,2 раза выше, по сравнению с ниже расположенными – 5-й узел снизу (рис. 5).

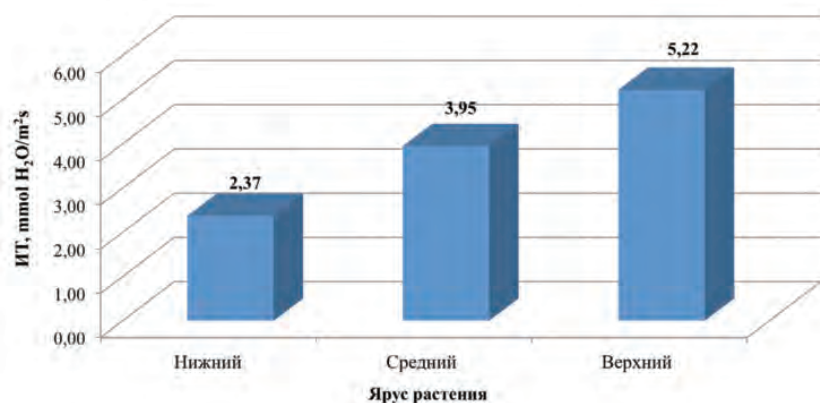


Рис. 5. Интенсивность транспирации (ИТ) листьев растений сои в зависимости от ярусного их расположения в фазу плоского боба.  
Fig. 5. The intensity of transpiration (IT) leaves of plants of a soya depending on a tiered location in the phase plane bean.

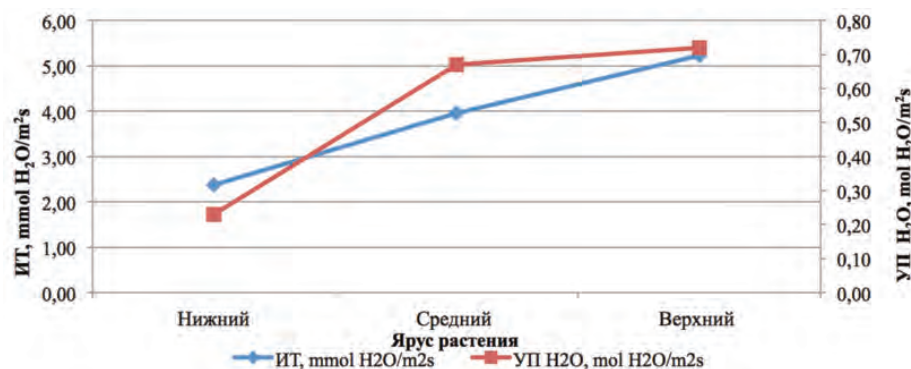


Рис. 6. Интенсивность транспирации (ИТ) и устьичная проводимость (УП) листьев сои в зависимости от их ярусного расположения, фаза плоского боба.  
Fig. 6. The intensity of transpiration (IT) and stomatal conductivity (SC) of soybean leaves depending on their longline location, phase of planar bean.

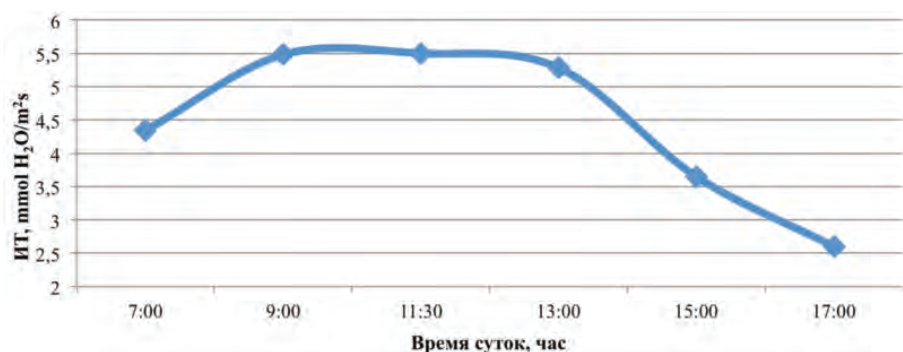


Рис. 7. Дневной ход интенсивности транспирации (ИТ) листьев растений сои в фазу цветения, по данным 2017 года.  
Fig. 7. The daily course of transpiration intensity (it) of soybean leaves in the flowering stage, according to 2017.

#### Литература

1. Лебедев С.И. Физиология растений. – М.: Агропромиздат. – 1988. – 544 с.
2. Davies W.J., Wilkinson S., Loveys B. Stomatal control by chemical signalling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture // *New Phytologist*. – 2002. – № 153. – 449-460.
3. Fischer R.A., Rees D., Sayre K.D., Lu Z., Condon A.G., Larque-Saavedra A. Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance, higher photosynthetic rate and cooler canopies // *Crop Science*. – 1998. – Vol. 38. – P. 1467-1475.
4. Evans J.R., Loreto F. Acquisition and diffusion of CO<sub>2</sub> in higher plant leaves // *Photosynthesis: physiology and metabolism* (ed. by R.C. Leegood, T.D. Sharkey and S. von Caemmerer). – Kluwer Academic: Dordrecht. – 2000. – P. 321-351.
5. Flexas J., Medrano H. Drought-inhibition of photosynthesis in C<sub>3</sub> plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited // *Annals of Botany*. – 2002. – Vol. 89. – 183-189.
6. Amelin A.V., Fesenko A.N., Chekalin E.I., Zaikin V.V. Variability of leaf transpiration intensity in cultivated common buckwheat *Fagopyrum esculentum* Moench. Depending on ontogenetic phase and environment conditions // *The 13th International Symposium on Buckwheat. Section VI Ecology and environment*. – 2016. – P. 767-772.

#### References

1. Lebedev S.I. Plant physiology. - Moscow: Agropromizdat. - 1988. - 544 p.
2. Davies W.J., Wilkinson S., Loveys B. Stomatal control by chemical signalling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture // *New Phytologist*. – 2002. – № 153. – 449-460.
3. Fischer R.A., Rees D., Sayre K.D., Lu Z., Condon A.G., Larque-Saavedra A. Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance, higher photosynthetic rate and cooler canopies // *Crop Science*. – 1998. – Vol. 38. – P. 1467-1475.
4. Evans J.R., Loreto F. Acquisition and diffusion of CO<sub>2</sub> in higher plant leaves // *Photosynthesis: physiology and metabolism* (ed. by R.C. Leegood, T.D. Sharkey and S. von Caemmerer). – Kluwer Academic: Dordrecht. – 2000. – P. 321-351.
5. Flexas J., Medrano H. Drought-inhibition of photosynthesis in C<sub>3</sub> plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited // *Annals of Botany*. – 2002. – Vol. 89. – 183-189.
6. Amelin A.V., Fesenko A.N., Chekalin E.I., Zaikin V.V. Variability of leaf transpiration intensity in cultivated common buckwheat *Fagopyrum esculentum* Moench. Depending on ontogenetic phase and environment conditions // *The 13th International Symposium on Buckwheat. Section VI Ecology and environment*. – 2016. – P. 767-772.

Такую изменчивость интенсивности транспирации по ярусам, очевидно, можно объяснить и тем, что нижние листья более старые по возрасту и в период налива семян в них начинают активно проявляться процессы деструктуризации, что приводит, в частности, к резкому ухудшению устьичной проводимости (УП) и, как следствие, снижению транспирационной активности. Значение устьичной проводимости и интенсивности транспирации у нижних листьев было соответственно на 65,7 и 40,0% меньше, чем у листьев средних ярусов, и на 68,1 и 54,6% – по сравнению с верхними. Коэффициент корреляции между ИТ и УП был достаточно высоким и составлял в среднем по ярусам +0,93, что достоверно при уровне 05 (рис. 6).

Кроме этого, установлено, что на интенсивность транспирации листьев сои значительное влияние оказывает и время суток. По результатам полевых исследований 2017 года, наиболее интенсивно испаряли воду листья растений этой культуры с 9 до 13:00 часов. Интенсивность транспирации в этот период составляла в среднем 5,42 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>s, что было на 19,9% выше, чем в утренние часы (с 7:00 до 8:00) и на 42,3% – в послеобеденное время (с 15 до 17:00) (рис. 7).

Низкая активность этого процесса в утренние часы очевидно обусловлена высокой насыщенностью клеток водой и благоприятным температурным режимом, а резкий спад ее в послеобеденное время (после 15:00 часов) – экстремальным воздействием на листья температуры воздуха, которая достигает к этому времени максимальных значений. Это приводит к потере клетками тургора и эффективности фотосинтеза, и, как следствие, стимулирует растения экономить воду на транспирацию, на поддержание которой может затрачиваться более 60% запасаемой энергии солнца.

#### Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать заключение, что у растений сои, как и у других с.-х. культур, транспирационная активность листьев наиболее существенно зависит от места их расположения на растении, времени суток и фазы роста, что необходимо учитывать при оценке генетических ресурсов.