

## EVALUATION OF ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF MODERN SOYBEAN BREEDING MATERIAL

S.S. Ryabuha, P.V. Chernyishenko, S.I. Svyatchenko, I.N. Bezuglyiy, T.A. Shelyakina  
PLANT PRODUCTION INSTITUTE ND. A. V. YA. YURYEV OF NAAS UKRAINE

**Abstract:** *The levels of manifestation of traits of yield and biochemical qualities of seeds are established. On average for 2011-2017 the yield was 1,40 t/ha, the protein content in the seeds was 34,8 %, the oil content was 18,1 %, and the total protein and oil content was 52,9 %. Significant differentiation by the level of manifestation of signs of productivity and biochemical qualities of seeds depending on the conditions of the year was revealed. The best conditions for the formation of a soybean seed crop (2,57 t/ha) in 2016 ( $I_j = 1,18$ ), and for the accumulation of protein (38,2 %), oil (19,2 %) and their total amount (57,4 %) in 2014 ( $I_j = 3,36$ ,  $I_j = 1,13$  and  $I_j = 4,49$ , respectively) were established.*

*Genotypes with a high level of plasticity according to individual traits and their complex, which are of value for breeding and practical use, have been identified. Breeding numbers KSI 17-17 (Harkovskaya 35 / 856-344), KSI 35-17 (Harkovskaya 54 / Hodson) showed high plasticity according to all the studied traits. The breeding number KSI 20-17 (Harkovskaya 35 / Kievskaya 27) combines high plasticity in terms of seed yield, protein content and oil content in seeds. Variety Estafeta and breeding numbers KSI 54-17 (selection from Harkovskoy 100) and KSI 41-17 (Pastator Schworke) showed high plasticity in terms of yield and total protein and oil content in seeds. Breeding numbers KSI 20-17 (Vityaz 50 / Harkovskaya skorospelaya), KSI 53-17 (Terezinskaya 24 / Diermona), KSI 23-17 (3836 / 76-130), KSI 36-17 (Harkovskaya zernokormovaya / Yug 30) showed high plasticity in terms of protein, oil content and total protein and oil in seeds. Breeding number KSI 33-17 (Uzkolistaya / mutant 82-205) is highly plastic in terms of protein content and total protein and oil content in seeds. Variety Kobza and breeding number KSI 48-17 (selection from Romantics) revealed a high level of plasticity based on protein content and oil content of seeds.*

**Keywords:** soybean, variety, yield, protein, oil, content, plasticity, stability.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11133

УДК 633.12: 581.144.4: 581.132

## ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ УСТЬИЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ПАРОВ ВОДЫ ЛИСТЬЯМИ РАСТЕНИЙ СОИ GLYCINE MAX (L.) MERR.

А.В. АМЕЛИН, доктор сельскохозяйственных наук  
Е.И. ЧЕКАЛИН, В.В. ЗАЙКИН, Н.Б. САЛЬНИКОВА\*,  
кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА», E-mail: amelin\_100@mail.ru

\* ТУЛЬСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
– ФИЛИАЛ ФГБНУ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

*В условиях полевых и вегетационных опытов на интактных растениях в режиме реального времени изучен характер проявления устьичной проводимости паров воды листьями растений сои *Glycine max* (L.) Merr. Показано, что наиболее высокая активность устьиц листьев отмечается в период плодообразования и массового налива семян, а затем она начинает медленно снижаться, достигая минимальных значений к фазе зеленой спелости бобов, что положительно коррелирует с проявлением у растений интенсивности транспирации и фотосинтеза. В вегетационных опытах коэффициент корреляции между устьичной*

проводимостью, интенсивностью транспирации и интенсивностью фотосинтеза листьев составлял соответственно +0,78 и +0,63, а в полевых условиях его значение по фазам роста варьировало от 0,48 до 0,62. При этом, наиболее активны верхние листья растений, устьичная проводимость которых максимально проявлялась с 8:00 до 10:00 часов, а затем заметно снижалась, достигая минимума к 17:00. На устьичную проводимость листьев сои существенное влияние оказывают и погодные условия их вегетации, в частности водный режим. В специальных вегетационных опытах показано, что при уменьшении влажности почвы с 70 до 30% от полной влагоемкости, устьичная проводимость водяных паров снижается в 1,97 раз в фазу плоского боба, и в 2,75 раз в фазу зеленой спелости бобов. В годы исследований ее значение у опытных растений изменялась от 0,31 до 1,45 моль  $H_2O$   $m^2/c$ . Наиболее значимые показатели были зарегистрированы в 2016 и 2017, а наименьшие – в 2015 и 2018 годы, когда во время вегетации растений отмечалось пониженное количество атмосферных осадков - гидротермический коэффициент увлажнения составлял 0,70 и 0,83, соответственно.

**Ключевые слова:** растения сои, физиология, устьичная проводимость паров воды, интенсивность фотосинтеза, интенсивность транспирации.

Устьичная проводимость листьев является важным механизмом регулирования и обеспечения эффективности процессов транспирации и фотосинтеза [1] и вследствие этого существенно может влиять на интенсивность роста растений и формирование ими конечного урожая [2, 3]. Известно, что транспирация листьев защищает от перегрева и обезвоживания в сухую и жаркую погоду, обеспечивая передвижение поглощённых корнями минеральных веществ из почвы вверх по растению [4], а за счет их фотосинтетической деятельности может формироваться до 95% сухого вещества урожая сельскохозяйственных культур [5]. Поэтому, представляется весьма актуальным проводить учет устьичной проводимости листьев культурных растений, чтобы эффективно влиять не только на их транспирационную и фотосинтетическую активность, но и, в целом, на продукционный процесс [6].

С учетом этого нами были проведены многолетние полевые эксперименты по выявлению видовых особенностей устьичной проводимости паров воды листьями растений сои, результатам которых и посвящена данная научная статья.

#### **Материал и методика исследований**

Исследования проводились в рамках тематического плана ЦКП Орловского ГАУ имени Н.В. Парахина «Генетические ресурсы растений и их использование» по совместной программе с Тульским НИИСХ (филиал ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»). Объектом физиологического анализа служили 65 коллекционных образцов ВИР, привлеченных из стран с широким возделыванием культуры: России, Белоруссии, Украины, Канады, США, Швеции, Бельгии, Великобритании, Польши, Германии, Франции, Молдовы, Румынии, Чехословакии, Словакии, Югославии, Японии.

Опытный материал выращивался в полевых условиях Тульского НИИСХ на делянках площадью 10  $m^2$ , повторность – 4-х кратная, размещение рендомизированное. Посев осуществлялся селекционной сеялкой из расчета 600 тыс. всхожих семян на га. Уход за посевами выполняли в соответствии с рекомендуемыми для региона мероприятиями.

Устьичную проводимость паров воды, интенсивность транспирации и фотосинтеза листьев у опытных сортообразцов оценивали по оригинальной методике немецкой фирмы Heinz Walz GmbH с помощью переносного газоанализатора марки GFS-3000 FL. Учет проводили в полевых условиях с 8:00 до 11:00 часов дня в режиме реального времени на интактных растениях в разные фазы роста на центральной листовой пластине тройчатого листа, расположенного на 4 сверху узле главного побега растений.

Погодные условия в период роста и развития растений в годы исследований были различными. Вегетационные периоды 2015 и 2018 гг. были с недостаточным увлажнением (Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова составлял 0,70 и 0,83, соответственно). Тогда как в 2016 и 2017 гг. наблюдалось относительно избыточное

увлажнение – ГТК был равен 1,59 и 1,68. Метеорологические условия в период вегетации растений в 2017 году были наиболее оптимальными для культуры – отмечалась относительно теплая и влажная погода.

Математическую и статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью современных компьютерных программ с учетом методических рекомендаций Б.А. Доспехова (1985).

### Результаты исследований и их обсуждение

Исследования подтвердили, что величина устьичной проводимости листьев растений существенно зависит от видовых их особенностей и условий произрастания. По данным вегетационных опытов, у растений сои вида *Glycine max* (L.) Merr. наиболее заметно проявляется активность устьица листьев в период плодообразования и массового налива семян, а затем начинает медленно снижаться, достигая минимальных значений к фазе зеленой спелости бобов.

В фазу плоского боба значение данного показателя у опытных растений сои была в среднем на 20, 92, 82 и 115%, соответственно больше по сравнению с фазами роста «5-6 настоящих листьев», «бутонизация», «цветение» и «зеленая спелость бобов».

Выявленные в онтогенезе растений различия по устьичной проводимости листьев, были тесно связаны с характером проявления у них транспирационной и фотосинтетической активности. Согласно полученным экспериментальным данным, наиболее высокая интенсивность транспирации и фотосинтеза также отмечалась в период плодообразования и массового налива семян (рис. 1).

Коэффициент корреляции между устьичной проводимостью, транспирационной и фотосинтетической активностью листьев составлял в среднем +0,78 и +0,63 соответственно, а в полевых опытах его значение по фазам роста варьировало от 0,48 до 0,62.

По нашему мнению, установленная положительная связь между рассматриваемыми показателями обусловлена, прежде всего, особенностями донорно-акцепторных отношений между фотоассимилирующими и запасующими центрами, которые в период генеративного развития смещаются в пользу полезно хозяйственных органов, из-за чего резко возрастает на листья плодовая нагрузка и как ответная реакция – их транспирационная и фотосинтетическая активность.

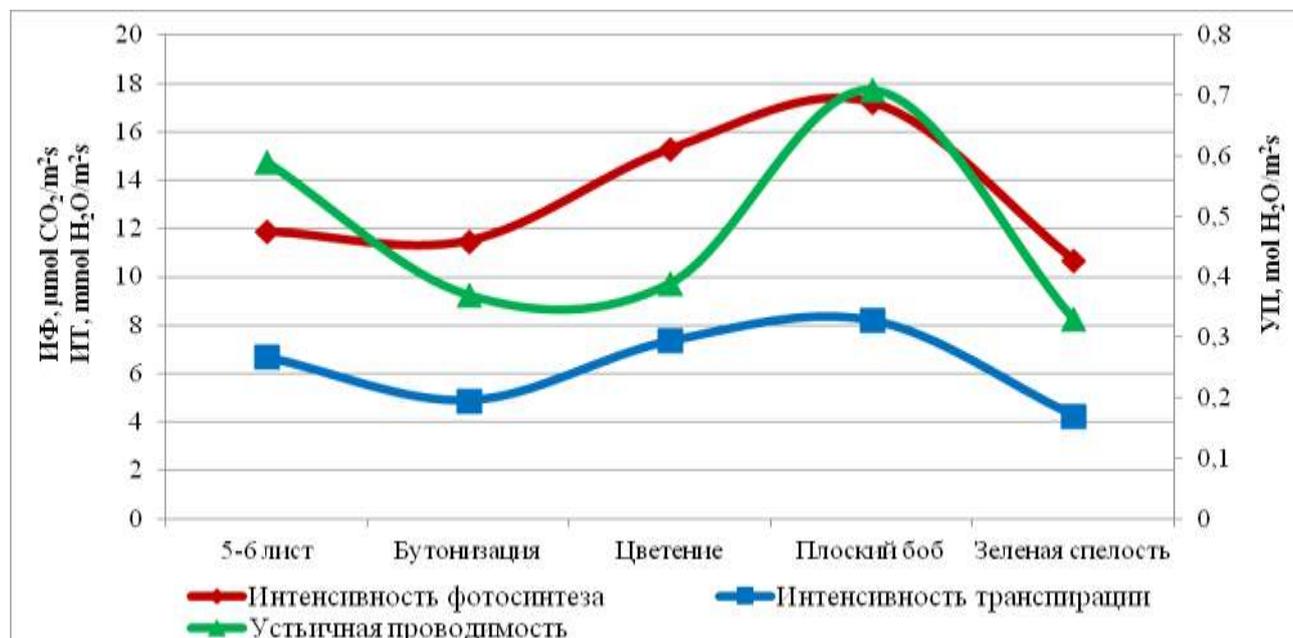


Рис. 1. Изменение устьичной проводимости (УП), интенсивности фотосинтеза (ИФ) и транспирации (ИТ) в онтогенезе растений сои при 70% влажности почвы от ПВ, данные вегетационного опыта 2015-2016 гг.

Показано также, что у растений сои, как и других сельскохозяйственных культур, наибольшей устьичной проводимостью, интенсивностью транспирации и фотосинтеза, обладают листья, расположенные в верхнем ярусе растений. Величина данного показателя у нижних листьев была в среднем 2,3 раза меньше, чем у листьев средних ярусов, и в 2,4 раза – по сравнению с верхними (рис. 2).

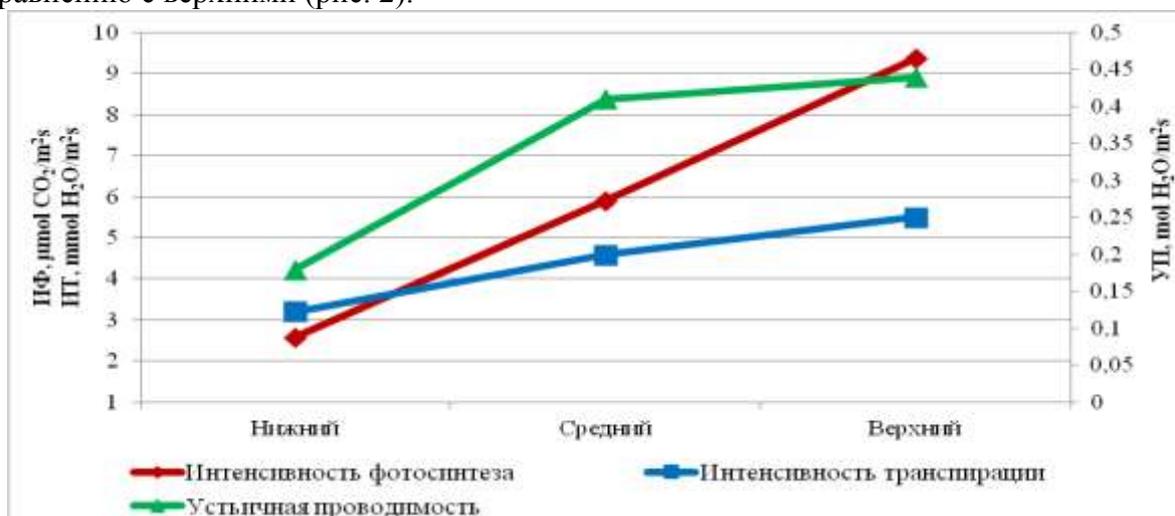


Рис. 2. Устьичная проводимость паров воды (УП, моль  $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{c}$ ), интенсивность фотосинтеза (ИФ,  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ) и интенсивность транспирации (ИТ,  $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ ) разных по расположению листьев растений сои в фазу плоского боба, 2017-2018 гг.

Во многом схожие результаты по ярусной устьичной активности листьев у культурных растений приводят и другие ученые [7, 8].

Различная устьичная проводимость у листьев разных ярусов растений объясняется в основном разными внешними условиями их функционирования и физиологическим возрастом [8]. Нижние листья более затененные и старые по возрасту, из-за чего в период налива семян в них начинают активно проявляться процессы деструктуризации, что приводит, в частности, к резкому ухудшению устьичной проводимости и, как следствие, снижению их транспирационной и фотосинтетической активности. Тогда как верхние более молодые листья, не только лучше освещены и обеспечены углекислым газом, но и несут основную плодовую нагрузку, что приводит к увеличению интенсивности их работы. Коэффициент корреляции ИФ с ИТ и УП был достаточно высоким и колебался по ярусам от 0,93 до 0,98, соответственно.

В течение светового дня, максимальное значение устьичной проводимости отмечалась в период между 8 и 10-ю часами по московскому времени, а затем она устойчиво снижалась, достигая минимума к 17:00. В 9:<sup>00</sup> ее величина составляла 0,92 моль  $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{c}$ , тогда как в 11:<sup>30</sup> она была меньше на 19,6%, в 13:<sup>00</sup> – на 21,7%, в 15:<sup>00</sup> – на 48,9%, а в 17:<sup>00</sup> – на 64,1% (рис. 3).

Низкая активность устьичной проводимости в ранние утренние часы (до 8:<sup>00</sup>) очевидно обусловлена невысокой интенсивностью света и насыщенностью клеток водой, а резкий спад ее в послеобеденное время (после 13:<sup>00</sup> часов) – экстремальным воздействием на листья температуры воздуха, которая достигает к этому времени максимальных значений, приводя к потере тургора клетками и эффективности фотосинтеза, что заставляет растения экономить воду на транспирацию, на поддержание которой может затрачиваться более 60% образуемой энергии. В тоже время, снижение устьичной проводимости в вечернее время может быть связано с закрыванием устьиц в ночное время [9].

То есть, фотосинтез и транспирация листьев взаимосвязаны между собой устьичной проводимостью, которая определяет активность и эффективность их протекания, и в следствие этого существенно может влиять на интенсивность роста растений и формирование ими конечного урожая [1, 2, 10].

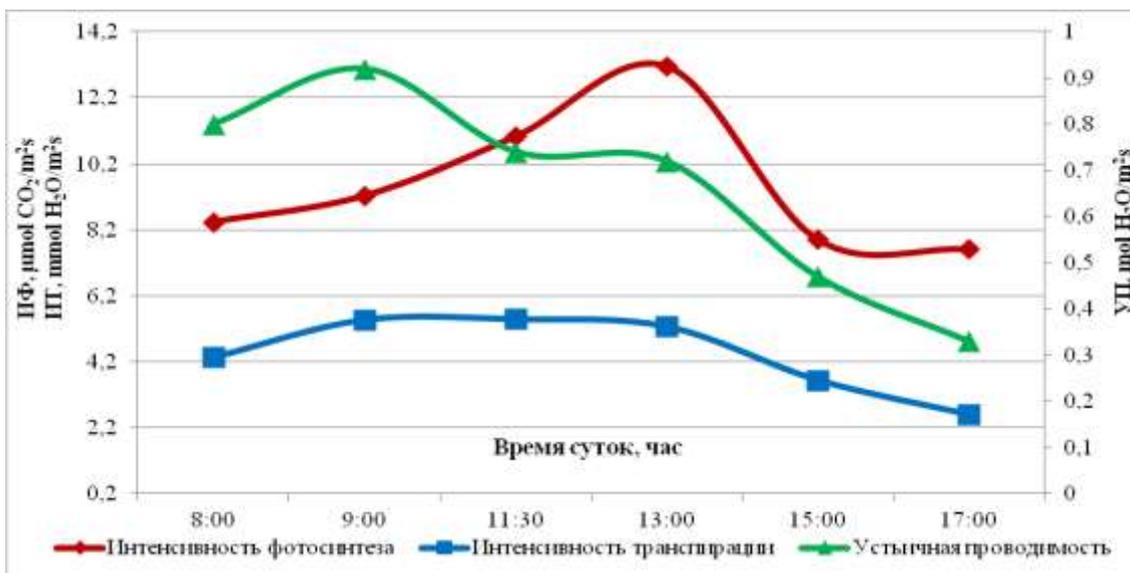


Рис. 3. Дневной ход устьичной проводимости (УП) молекул воды листьями растений сои в фазу цветения, 2017 г.

При этом важно учитывать, что на самую устьичную проводимость листьев растений существенное влияние могут оказывать погодные условия их вегетации, в частности водный режим. В годы исследований ее значение у опытных растений изменялась от 0,31 до 1,45 моль  $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{c}$ . Наиболее значимые показатели были зарегистрированы в 2016 и 2017, а наименьшие – в 2015 и 2018 годы, когда во время вегетации растений отмечалось пониженное количество атмосферных осадков – гидротермический коэффициент увлажнения составлял 0,70 и 0,83, соответственно.

Во многом схожие экспериментальные данные получены по фотосинтетической и транспирационной активности листьев. В условиях 2015 года ИФ и ИТ составляла всего 2,57  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$  и 3,70  $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ , что было в среднем в 4,2 и 2,1 раза меньше по сравнению с 2016-2018 годами, соответственно (рис. 4).

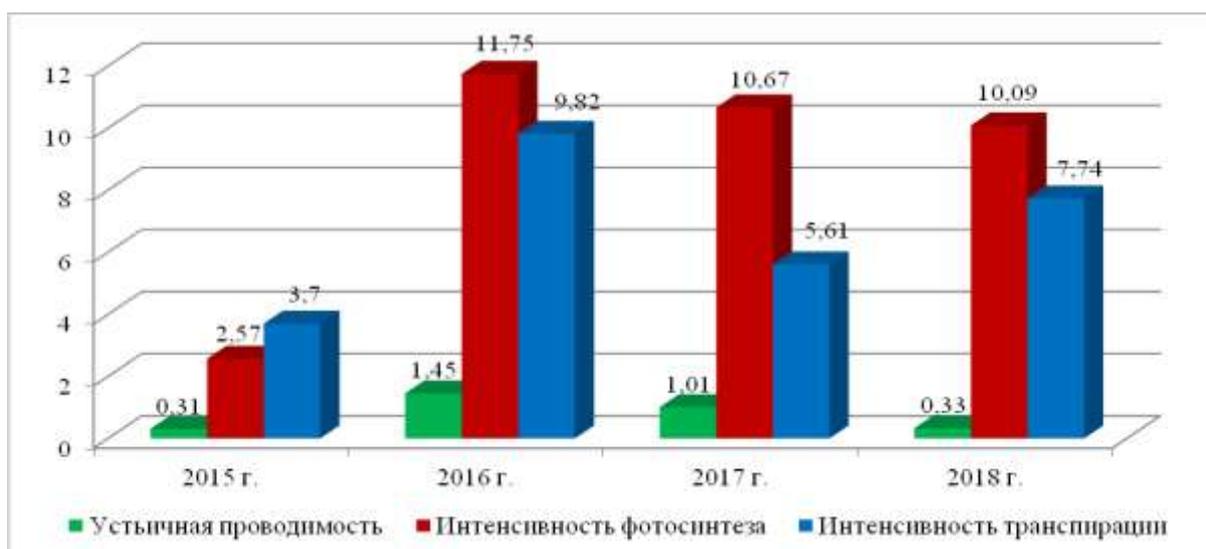


Рис. 4. Проводимость паров воды устьицами (УП, моль  $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{c}$ ), интенсивность фотосинтеза (ИФ,  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ) и интенсивность транспирации (ИТ,  $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ ) листьев растений сои, фаза плодообразования

В специальных вегетационных опытах показано, что при уменьшении влажности почвы с 70 до 30% от полной влагоемкости (ПВ), устьичная проводимость водяных паров снижается в 1,97 раз в фазу плоского боба, и в 2,75 раз в фазу зеленой спелости бобов (табл.). В конечном итоге это приводит к повреждению фотосинтезирующего аппарата вследствие нарушения баланса между поглощенной и преобразованной солнечной энергии [11, 12].

Таблица

**Значение устьичной проводимости паров воды (УП) в зависимости от влажности почвы\* у сортов сои в разные фазы роста, вегетационный опыт 2015-2016 гг.**

Сорт	УП, mol H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> s			
	фаза плоского боба		фаза зеленой спелости	
	контроль	опыт	контроль	опыт
Свапа	0,77	0,39	0,34	0,13
Припять	0,65	0,36	0,31	0,11
<b>Среднее</b>	<b>0,71</b>	<b>0,38</b>	<b>0,33</b>	<b>0,12</b>
<b>НСР<sub>05</sub></b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>	<b>0,09</b>	<b>0,04</b>

\*Контроль – 70% от ПВ, опыт – 30% от ПВ

### Заключение

Таким образом, устьичная проводимость листьев сои выступает важным регулятором фотосинтеза и транспирации, без которых невозможны рост и развитие растений. Ее воздействие на процессы осуществляется посредством открытия и закрытия устьица листьев в зависимости от складывающихся погодных условий вегетации [11].

У листьев растений сои устьичная проводимость, интенсивность фотосинтеза и транспирации очень тесно взаимосвязаны, степень и характер проявления которых существенным образом зависит от биологических особенностей культуры, места расположения листьев на растении, времени суток, фазы роста и периода развития, что необходимо учитывать при оценке генетических ресурсов культуры по показателям фотосинтетической и транспирационной активности.

### Литература

1. Atkinson C.J., Polcarpo M., Webster A.D., Kingswell G. Drought tolerance of clonal Malus determined from measurements of stomatal conductance and leaf water potential // *Tree Physiology*. – 2000. Vol. 20. – Is. 8 – P. 557-563. Doi: <https://doi.org/10.1093/treephys/20.8.557>
2. Li F., Cohen S., Naor A., Shaozong K, Erez A. Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstocks / // *Agricultural Water Management*. – 2002. – Vol. 55. – P. 1-14. – Doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00184-6).
3. Ort D.R., Merchant S.S., Alric J., Barkan A. et al. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand // *PNAS*. – 2015. – V. 112. – №. 28. – P. 8529–8536. – Doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1424031112>.
4. Лебедев С.И. Физиология растений // – М.: Агропромиздат. – 1988. – 544 с.
5. Ничипорович А.А. Энергетическая эффективность фотосинтеза и продуктивность растений // Пушино: НЦ БИ АН СССР, – 1979. – Т.3. – 37 с.
6. Farquhar G.D. Ehleringer J.R., Hubick K.T Carbon isotope discrimination and photosynthesis // *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. – 1989. – V. 40. – P. 503-537.
7. Амелин А.В., Фесенко А.Н., Заикин В.В., Чекалин Е.И. Особенности устьичной проводимости молекул воды листьями растений гречихи посевной *Fagopyrum Esculentum* Moench.. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 4(28). – С. 54-59.

8. Савельева Е.М., Тараканов И.Г. К проблеме регуляции фотосинтеза и водного обмена у растений рапса (*Brassica napus* L.) в онтогенезе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 36-51.
9. Дустов Н.Ш., Акназаров О.А. Дневной и сезонный ход интенсивности транспирации листьев персика (*Persica vulgaris* Mill.) в условиях Западного Памира // Доклады академии наук республики Таджикистан. – 2013. – № 1. – Т. 56. – С. 65-71.
10. Fischer R.A., Rees D., Sayre K.D., Lu Z.-M., Condon A.G., Saavedra A.L Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthesis rate, and cooler canopies // Crop Science. – 1998. – Vol. 38. – N.6. – P. 1467–1475. – Doi: 10.2135/cropsci1998.0011183X003800060011x.
11. Bertolli S.C., Rapchan G.L., Souza G.M Photosynthetic limitations caused by different rates of water-deficit induction in *Glycine max* and *Vigna unguiculata* // Photosynthetica. – 2012. – N 50 (3). – P. 329-336. – Doi: 10.1007/s11099-012-0036-4.
12. Lawlor D.W., Tezara W. Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes // Annals of Botany. – 2009. – Vol. 103. – Is. 4. – P. 561–579. – Doi: <https://doi.org/10.1093/aob/mcn244>.

### SPECIFIC FEATURES OF STOMATAL CONDUCTIVITY OF WATER VAPOR BY LEAVES OF PLANTS *GLYCINE MAX* (L.) MERR.

A.V. Amelin, E.I. Chekalin, V.V. Zaikin, N.B. Salnikova\*

FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL ESTABLISHMENT OF HIGHER EDUCATION «OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER N.V. PARAKHIN»

\*TULA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE — BRANCH OF FSBSI FRC «NEMCHINOVKA»

**Abstract:** *Stomatal conductance of water vapor by plant leaves of *Glycine max* (L.) Merr was studied under the conditions of field and vegetation experiments on intact plants. It was shown that the highest activity of leaf stomata is observed during the period of fruit formation and filling of seeds, and then it begins to slowly decrease, reaching minimum values for the phase of green ripeness of beans, which positively correlates with transpiration and photosynthesis of plants. In vegetation experiments, the correlation coefficient between stomatal conductance, transpiration rate, and leaf photosynthesis rate was +0,78 and +0,63, respectively, and in the field, its value in the growth phases varied from 0,48 to 0,62. The upper leaves of plants are most active, stomatal conductance was maximally from 8:00 to 10:00 tame, and then markedly decreased, reaching a minimum by 17:00. The stomatal conductance of soybean leaves is also significantly affected by the weather conditions of their vegetation, in particular, the water regime. In special vegetation experiments, it was shown that when the soil moisture decreases from 70 to 30% of the total moisture capacity, stomatal conductance of water vapor decreases 1,97 times in the phase of a flat bean, and 2,75 times in the phase of green ripeness of beans. During the years of research, its value in experimental plants varied from 0,31 to 1,45 mol H<sub>2</sub>O m<sup>2</sup> / s. The most significant indicators were recorded in 2016 and 2017, and the lowest – in 2015 and 2018, when during the vegetation of plants a reduced amount of precipitation was noted – the hydrothermal coefficient of moistening was 0,70 and 0,83, respectively.*

**Keywords:** soybean plants, physiology, stomatal conductivity of water vapor, rate of photosynthesis, rate of transpiration.