

ТРАНСПИРАЦИЯ РАСТЕНИЙ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ ЗЕРНОВОГО ТИПА В ОНТОГЕНЕЗЕ

О.А. МИЮЦ, научный сотрудник
Е.И. ЧЕКАЛИН*, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»
* ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. В. ПАРАХИНА»

*Изучались особенности интенсивности транспирации и устьичной проводимости в листьях растений фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) зернового типа 12 сортов относящихся к разным периодам селекции, в наиболее важные фазы онтогенеза. В разные годы исследований в зависимости от погодных условий наблюдались разные значения интенсивности транспирации и устьичной проводимости независимо от фазы онтогенеза. Так, в 2012 году отмечалось падение интенсивности транспирации на 29,3% и устьичной проводимости на 53,6% в фазу полное цветение, что было связано с воздействием высокой температуры (31,7°C) и небольшим количеством осадков, выпавших за декаду. Затем, к фазе плоский боб, при снижении температуры до оптимального (24,7°C) для фасоли обыкновенной значения, интенсивность транспирации и устьичная проводимость повышались на 38,0% и 12,0 % соответственно. В 2013 году, напротив, интенсивность транспирации и устьичная проводимость повышались в фазу полное цветение на 46,2% и 69,4% соответственно, и резко снижались в фазу плоский боб: интенсивность транспирации – на 89,5%; устьичная проводимость – на 85,2%, что было связано с влиянием высокой температуры и засухи в межфазный период вегетации растений фасоли. Таким образом, выявлена сильная зависимость протекания процессов транспирации и устьичной проводимости в листьях растений фасоли обыкновенной от погодных условий, независимо от фаз онтогенеза.*

Ключевые слова: интенсивность транспирации, устьичная проводимость, фасоль обыкновенная, сорт, фенофаза, коэффициент корреляции.

FEATURES OF TRANSPIRATION OF COMMON BEAN IN MAIN GROWTH PHASES

O.A. Miyuc, E. I. Chekalin*

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

*FSBEE HE «N.V. PARAKHIN STATE AGRARIAN UNIVERSITY, OREL»

E-mail: olga.lebkova@yandex.ru

Abstract: *Studied features of transpiration intensity and stomatal conductance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) leaves of 12 varieties classified to different times of breeding in its main growth phases. There was occurred decrease of transpiration intensity by 29,3% and stomatal conductance by 53,6% in full flowering phase, which depended on high temperature (31,7°C) and low rainfall over this growth phase. When the temperature was optimal for normal common bean growth rate (24,7°C), the transpiration intensity increased by 38,0% and stomatal conductance increased by 12,0%. In 2013, there was increasing of the transpiration intensity by 46,2% and stomatal conductance by 69,4% in full flowering phase. In phase of green pod was occurred strongly decreasing of the transpiration intensity (89,5%) and stomatal conductance (85,2%) rate in leaves of common beans because of dry environment conditions. In the end of research studied dependence of transpiration intensity and stomatal conduction on weather conditions and regardless of growth phases.*

Keywords: transpiration intensity, stomatal conductance, common bean, variety, the phenological stage, correlation coefficient.

Транспирация (испарение воды листьями растений через устьица) - один из наиболее важных физиологических процессов в растении. С помощью транспирации обеспечивается транспорт минеральных и частично органических веществ, за счет непрерывного тока воды от корневой системы к листьям, объединяя органы растения в единую систему [1, 2]. Кроме того, транспирация является источником защиты растения от перегрева и обезвоживания за счет увеличения уровня испарения воды через устьица листа, поддерживая, таким образом, близкую к оптимальной температуру, необходимую для нормального протекания процессов жизнедеятельности растения [1, 3, 4]. Уровень транспирации зависит от факторов окружающей среды и регулируется растением за счет степени открытия устьичной щели, тем самым, по необходимости, изменяя интенсивность испарения молекул воды и поступление молекул углекислого газа в лист (уровень устьичной проводимости), частично обеспечивая засухо- и влагоустойчивость растений, и позволяя реализовать стабильную продуктивность сельскохозяйственных растений независимо от погодных условий [1, 5, 6, 7, 8, 9]. В связи с этим, изучение уровня транспирации у сельскохозяйственных растений, в том числе фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.), требует особенно пристального внимания. Ранее нами изучались особенности показателей темновых реакций фотосинтеза, тесно связанных с процессами транспирации и устьичной проводимостью, зависящими от скорости обмена молекулами воды и углекислого газа, через просвет устьичной щели, с использованием ниже описанной оригинальной методики [10].

Материалы и методика исследований

Исследования проводились в 2012-2013 гг. в рамках тематического плана ЦКП «Генетические ресурсы растений и их использование» ОрелГАУ им. Н.В. Парахина под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора А.В. Амелина и в соответствии с заданием Министерства сельского хозяйства РФ. Полевые опыты закладывались в севообороте лаборатории селекции зернобобовых культур ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. Площадь делянки составляла 10 м². Повторность 3-х кратная, размещение рендомизированное [11]. Объектами исследования являлись 12 сортообразцов фасоли обыкновенной, условно поделенные на 5 групп, относящихся к различным периодам селекции по десятилетиям (табл. 1).

Таблица 1

Сорта фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.)

Сортообразцы	Периоды селекции	Год внесения в Госреестр	Откуда получен	Примечание
Кустовая без волокна 85	1940-1950 гг.	1943	Грибовская ОСОС	продуктивный
Московская зеленостручная		1943	Грибовская ОСОС	белый, крупносемянный.
Сакса без волокна 615		1943	Улучшена на Верхне-Хавской ООС	раннеспелый
Горналь	1980-1990 гг.	1988	ФНЦ ЗБК	продуктивный
Днепропетровская бомба		-	Всесоюзный НИИ кукурузы	продуктивный
Нерусса	1990-2000 гг.	1991	ФНЦ ЗБК	продуктивный
Оран		1997	ФНЦ ЗБК	раннеспелый
Шоколадница	2000-2009 гг.	2004	ФНЦ ЗБК	продуктивный
Гелиада (st)		2009	ФНЦ ЗБК	раннеспелый
Рубин		2001	ФНЦ ЗБК	раннеспелый
Услада	2010-2013 гг.	-	ФНЦ ЗБК	высокотехнолог.
02-173		-	ФНЦ ЗБК	высокотехнолог.

Измерение показателей интенсивности транспирации проводили по оригинальной методике с помощью портативного газоанализатора LI-6400 (производитель: компания LI COR inc., США), который позволяет в контролируемых условиях на интактных растениях фиксировать поглощение CO₂, транспирацию, устьичное сопротивление, температуру воздуха и листа в момент измерения. Учеты велись в наиболее важные для формирования урожая фазы роста растений: 3-5 настоящих листьев, полное цветение и плоский боб. Замеры проводились в первой половине дня, начиная с 10 часов утра по московскому времени. Погодные условия приведены в соответствии с данными агрометеорологического поста ФГБНУ ФНЦ ЗБК. Полученные экспериментальные данные были обработаны статистически с использованием современных компьютерных программ и учетом методических указаний Б.А. Доспехова (1979).

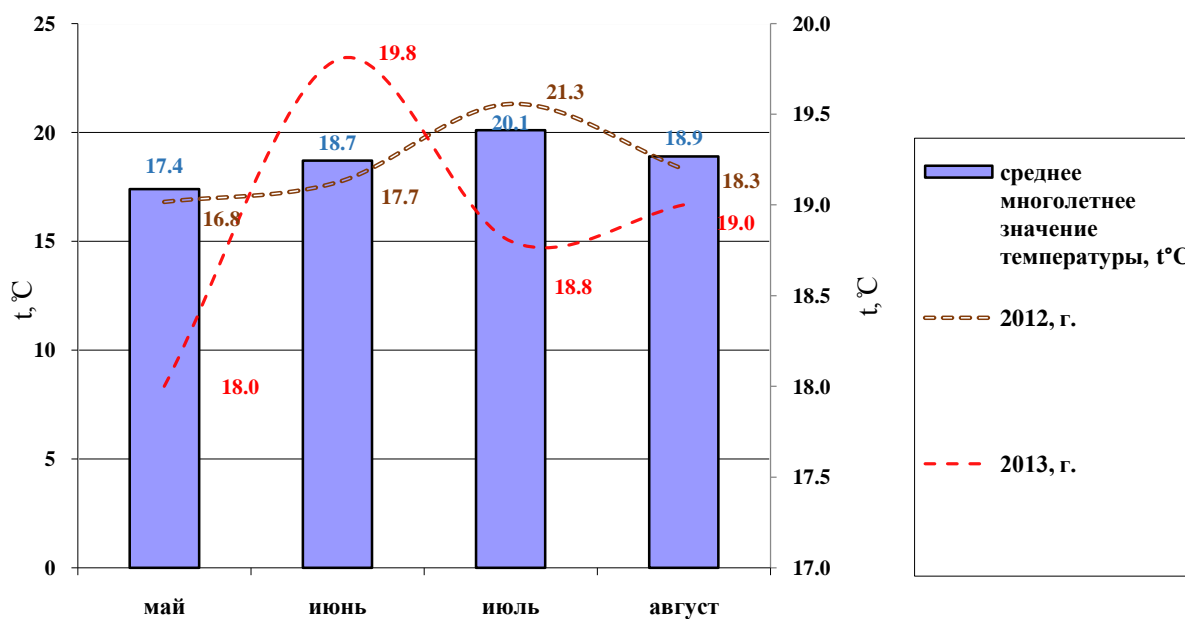


Рис. 1. Температура в 2012-2013 гг.

Температура в июне 2012 года в среднем была на 1°С ниже среднего многолетнего показателя, а количество осадков – на 4,2 мм выше его среднего многолетнего значения. Июль на 1,2°С теплее, а количество осадков на 1,6 мм выше среднего многолетнего значения для этого месяца (рис 1, 2). Температура в августе 2012, была ниже среднего многолетнего значения на 0,6°С, а количество выпавших осадков – выше на 6,2 мм.

Июнь 2013 год был теплее на 2,1°С, по сравнению с 2012 годом, а также превышал 0,9°С среднее многолетнее значение. Количество осадков в этом месяце было существенно ниже, чем в 2012 году: на 8,4 мм и на 4,2 мм ниже среднего многолетнего значения. Июль 2013 в среднем был прохладнее июля 2012 года на 2,5°С и ниже средней многолетней температуры на 1,3 градус. Осадков выпало меньше, чем в 2012 году на 3,3 мм и ниже на 1,7 мм среднего многолетнего значения. Средняя температура в августе 2013 была на 0,7°С выше в сравнении с августом 2012 и на 0,1°С ниже среднего многолетнего значения, тогда как количество выпавших осадков было существенно меньше, чем в том же месяце 2012 года, а также ниже среднего многолетнего значения на 12,4 мм и 6,2 мм соответственно. Таким образом, погодные условия в период вегетации фасоли 2012 года были более благоприятными, в сравнении с засушливыми условиями 2013 года (рис.1, 2).

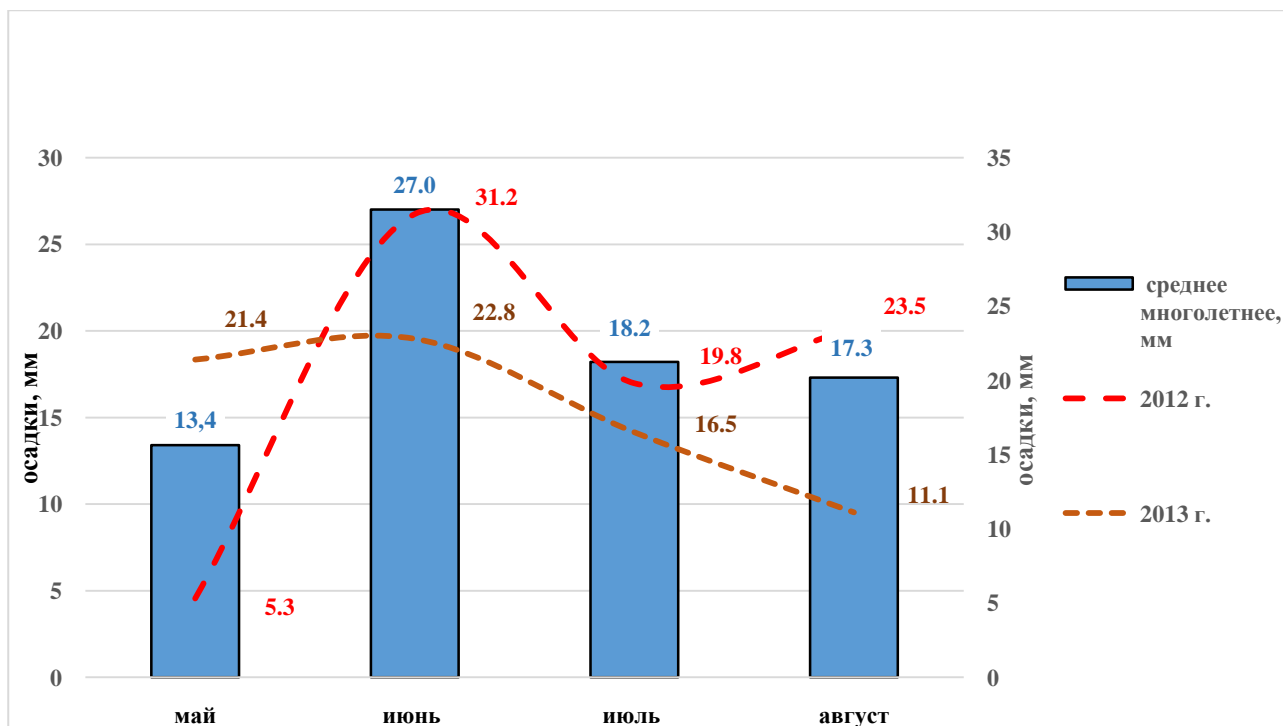


Рис. 2. Количество осадков в 2012-2013 гг.

Результаты исследований и их обсуждение

Изучались особенности интенсивности транспирации в наиболее важные для роста фазы онтогенеза у двенадцати сортообразцов кустовой фасоли зернового типа, условно разделенных на пять групп, относящихся к разным периодам селекции культуры.

В результате исследований была выявлена существенная разница в значениях интенсивности транспирации и устьичной проводимости молекул воды и углекислого газа у растений фасоли обыкновенной в разные годы исследования (рис. 3, 4, табл. 2).

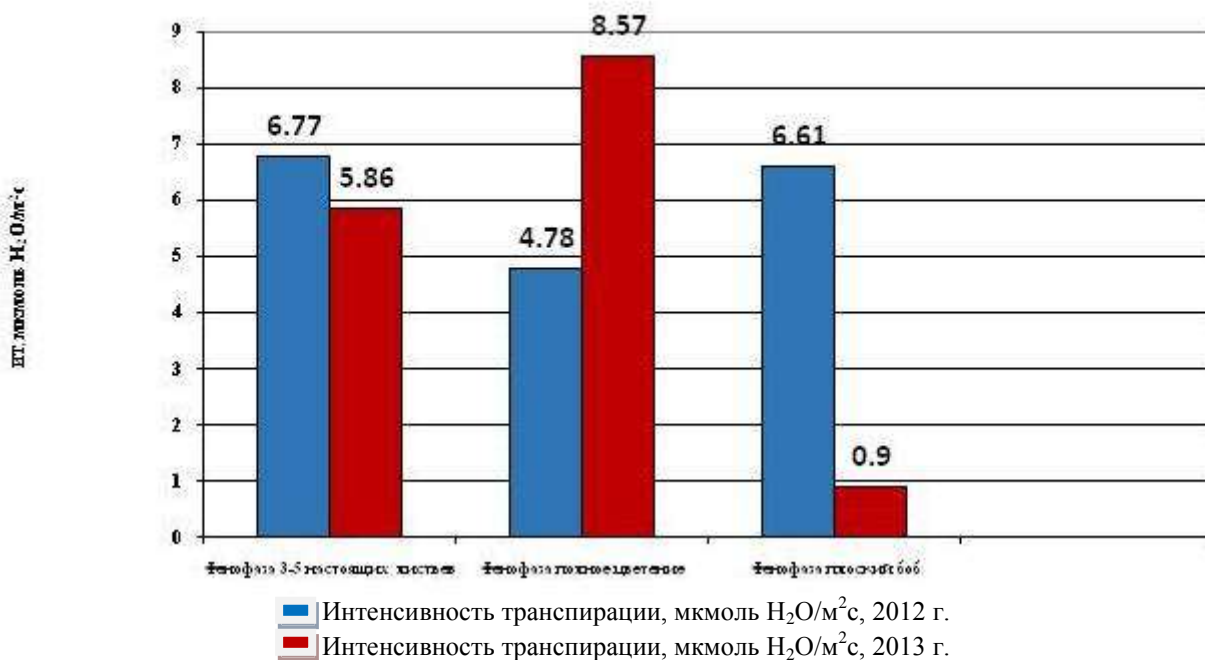


Рис. 3. Динамика изменения интенсивности транспирации в среднем по фазам роста фасоли обыкновенной, 2012 г.

В 2012 году фаза онтогенеза 3-5 настоящих листьев отмечалась в первой декаде июня, средняя температура, зафиксированная газоанализатором в момент измерения: 26,5°C, а относительная влажность воздуха – 68%; количество осадков, выпавших за декаду, составило 34,0 мм. Фенофаза полное цветение фасоли обыкновенной наблюдалась в начале первой декады июля, фаза онтогенеза плоский боб – третья декада июля. Средняя температура, зафиксированная в период измерения интенсивности транспирации, в фенофазу полное цветение составляла 31,7°C, относительная влажность воздуха – 56%, количество выпавших за декаду осадков 16,2 мм. Средняя температура и относительная влажность воздуха в фазу плоский боб 24,7°C и 80% соответственно, количество выпавших за декаду осадков 33,2 мм.

Наблюдались значительные изменения уровня транспирации у всех сортов фасоли обыкновенной в зависимости от средней температуры и влажности воздуха по фазам роста и развития (рис. 3). При повышении температуры на 5,2°C и снижении относительной влажности воздуха, а также количестве выпавших осадков в фазу полное цветение, интенсивность транспирации падала на 29,3% по сравнению с фазой 3-5 настоящих листьев. Затем, при снижении температуры до оптимального для вегетации фасоли значения (24,7°C), а также увеличении относительной влажности воздуха и числа выпавших осадков, интенсивность транспирации повышалась на 38%, по сравнению с предыдущей фенофазой 3-5 настоящих листьев. Устьичная проводимость падала на 53,6% в фазу полное цветение и повышалась на 12% в фенофазу плоский боб по сравнению с предыдущей (рис. 4). Коэффициент корреляции зависимости интенсивности транспирации от температурного режима в 2012 году составлял $r = 0,44$, а корреляция зависимости данного показателя от влажности воздуха $r = - 0,47$.

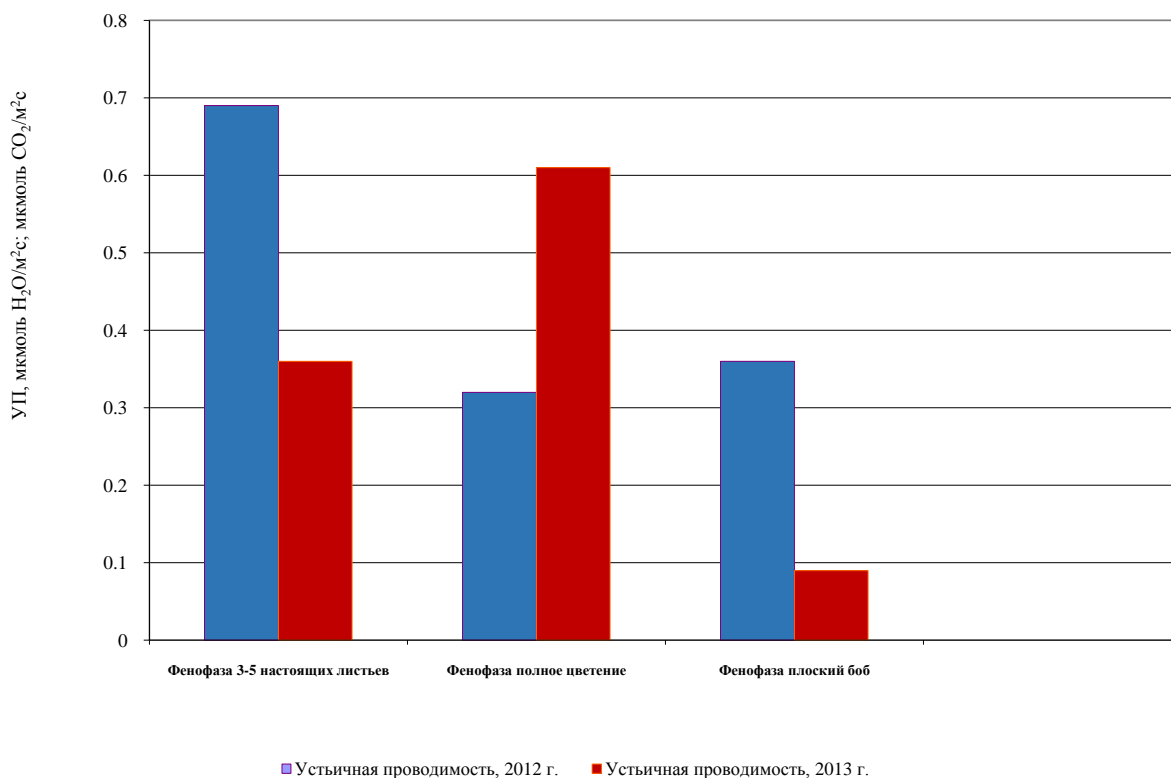


Рис. 4. Динамика изменения устьичной проводимости (УП) у фасоли обыкновенной по фазам роста, в среднем, 2012-2013 гг.

В 2013 году фенофаза 3-5 настоящих листьев наблюдалась в первую декаду июня, средняя температура воздуха, зафиксированная с помощью газоанализатора в день измерения 27,4°C, при относительной влажности воздуха 62%; величина осадков, выпавших за первую декаду июня – 3,6 мм. Фаза роста и развития фасоли обыкновенной полное

цветение отмечалась в последней декаде июня, температура воздуха в момент проведения замеров: 29,8°C, относительная влажность воздуха 51%, количество выпавших в эту декаду осадков 53,6 мм. Фенофаза плоский боб наблюдалась в конце второй декады июля: средняя температура воздуха в день исследований 28,5°C, относительная влажность воздуха 74%, количество осадков за декаду – 17,7 мм. В среднем температура воздуха в июне-июле 2013 года была на 2-5 градусов выше оптимальной для вегетации фасоли (18-25°C).

Средняя температура воздуха, зафиксированная прибором в поле в день измерения интенсивности транспирации у сортообразцов фасоли обыкновенной в фазу 3-5 настоящих листьев в 2013 году была выше, чем в 2012 году на 0,9°C, а относительная влажность воздуха и количество осадков ниже в сравнении тем же годом. Показатели интенсивности транспирации и устьичной проводимости в эту фазу были ниже в сравнении с 2012 годом.

В фенофазу полное цветение средняя температура по данным газоанализатора была выше, чем в фазу 3-5 настоящих листьев на 2,4 градуса, а относительная влажность воздуха 51% (ниже, чем 2012 году на 5%), количество выпавших за декаду осадков 53,6 мм. В этих условиях скорость транспирации повышалась на 46,2%, а устьичная проводимость – на 69,4% в сравнении с предыдущей фенофазой.

В фазу плоский боб интенсивность транспирации и устьичная проводимость резко снижались соответственно на 89,5% и на 85,2% (рис. 3, 4), что, скорее всего, объясняется постоянным воздействием повышенной для нормального роста и развития фасоли обыкновенной температуры, сниженной влажности воздуха, а также недостаточным количеством осадков, наблюдавшимися в межфазный период. Коэффициент корреляции между активностью транспирации и температурой в 2013 году равнялся $r = 0,59$, а коэффициент корреляции зависимости интенсивности транспирации от относительной влажности воздуха достигал значения $r = - 0,93$.

Коэффициент корреляции между устьичной проводимостью и влажностью воздуха у фасоли обыкновенной, в среднем за два года наблюдений, выявил слабую отрицательную зависимость изученного показателя от фактора (влажность воздуха) $r = - 0,37$. Коэффициент корреляции между величиной устьичной проводимости и температурой воздуха в среднем за 2012-2013 гг. исследований был близок к нулю $r = 0,03$. Однако корреляция между показателем интенсивности транспирации и устьичной проводимости в среднем по двум годам $r = 0,73$, говорит о тесной взаимосвязи процесса транспирации и величины значения устьичной проводимости у фасоли обыкновенной.

Отмечались некоторые сортовые особенности в степени интенсивности транспирации в разные годы исследования. В 2012 году сорт Гелиада (st.) выделился среди всех, как образец с наиболее стабильным и высоким показателем интенсивности транспирации. Так, в фенофазу полное цветение скорость испарения молекул воды у растений фасоли сорта Гелиада (st.) возрастала до 8,6 мкмоль H_2O/m^2c , тогда как у остальных сортообразцов уменьшалась. В 2012 году у сортов Горналь и Оран в фенофазу полное цветение интенсивность транспирации снижалась, затем слабо изменялась в фазу плоский боб. Наименьшие и наибольшие значения интенсивность транспирации в 2012 году отмечались соответственно у сорта Сакса без волокна 615 – 3,7 мкмоль H_2O/m^2c (фенофаза полное цветение) и сорта Днепропетровская бомба – 9,3 мкмоль H_2O/m^2c (плоский боб) (табл. 2).

В 2013 году у сорта Горналь интенсивность транспирации в фенофазу 3-5 настоящих листьев, а также в фазу полное цветение была на одном уровне (6,1 мкмоль H_2O/m^2c), в то время как у остальных сортообразцов было отмечено резкое увеличение показателя. Самые высокие значения интенсивности транспирации за вегетацию отмечались у сортов Услава от 1,1 до 9,9 мкмоль H_2O/m^2c и Шоколадница от 1,1 до 9,8 мкмоль H_2O/m^2c . Наименьшее значение интенсивности транспирации в 2013 году отмечалось у сорта Сакса без волокна 615 – 0,6 мкмоль H_2O/m^2c (плоский боб), а наибольшее – у сорта Услава 9,9 мкмоль H_2O/m^2c (полное цветение) (табл. 2). Среди изученных групп самым высоким и стабильным показателем интенсивности транспирации по двум годам выделились группы сортов, относящиеся к 2000-2009 гг. и 2010-2013 гг. периодам селекции.

Таблица 2

Интенсивность транспирации растений фасоли обыкновенной в наиболее важные фазы онтогенеза, 2012 -2013 гг. мкмоль Н₂О/м²с.

Сортообразец	2012			2013		
	Фаза 3-5 настоящих листьев	Полное цветение	Плоский боб	Фаза 3-5 настоящих листьев	Полное цветение	Плоский боб
Сорта селекции 1940-1950 гг.						
Кустовая б/в 85	7,2	3,9	5,8	4,6	7,2	0,9
Московская зеленостручная	6,8	4,1	8,4	5,7	8,9	0,8
Сакса б/в 615	6,5	3,7	5,7	4,0	8,8	0,6
Среднее по группе	6,8	3,9	6,6	4,8	8,3	0,8
Сорта селекции 1980-1990 гг.						
Горналь	7,2	4,1	4,5	6,1	6,1	0,8
Днепропетровская бомба	6,9	5,2	9,3	5,9	8,4	1,2
Среднее по группе	7,0	4,7	6,9	6,0	7,2	1,00
Сорта селекции 1990-2000 гг.						
Нерусса	6,1	3,9	6,0	4,6	7,2	0,9
Оран	6,4	4,3	4,5	7,0	9,0	0,7
Среднее по группе	6,3	4,1	5,3	5,8	8,1	0,8
Сорта селекции 2000-2009 гг.						
Шоколадница	7,0	5,0	6,0	7,2	9,8	1,1
Гелиада (st)	7,1	8,6	7,4	5,6	9,5	1,0
Рубин	6,8	5,0	8,6	5,7	9,5	1,2
Среднее по группе	7,0	6,2	7,3	6,1	9,6	1,1
Сорта селекции 2010-2013 гг.						
Услава	6,6	6,0	5,4	7,0	9,9	1,1
02-173	6,91	4,01	8,4	6,1	9,4	0,7
Среднее по группе	6,8	5,0	6,9	6,6	9,6	1,0
НСР ₀₅	2,4	1,8	3,4	3,7	0,6	0,4

Заключение

По результатам проведенных исследований были выявлены особенности протекания процессов транспирации и устьичной проводимости у растений фасоли обыкновенной в зависимости от факторов окружающей среды. В 2012 году при температуре 31,68°C, относительной влажности воздуха 56% степень интенсивности транспирации и устьичная проводимость резко снижалась в фазу полное цветение (29,3% – интенсивность транспирации, 53,6% – устьичная проводимость) и повышалась при оптимальной температуре (24,6°C) на 38% – интенсивность транспирации, на 12% – устьичная проводимость. В 2013 году наблюдалось увеличение степени интенсивности транспирации (на 46,2%) и устьичной проводимости (на 69,4%) при температуре 29,8°C, относительной влажности воздуха 51% и осадках 53,6 мм. В фазу плоский боб под воздействием засухи

наблюдалось падение обоих показателей: на 89,5% – интенсивность транспирации, на 85,2% – устьичная проводимость.

Установлены: тесная прямая зависимость интенсивности транспирации и устьичной проводимости, отрицательная зависимость скорости испарения молекул воды и устьичной проводимости от влажности воздуха; прямая положительная связь транспирационной активности от температуры воздуха. Выделены две группы сортов, обладающие наиболее высокими и стабильными показателями степени интенсивности транспирации - сорта селекции 2000-2009 гг. и сорта селекции 2010-2013 гг.

Литература

1. Якушкина Н.И. Физиология растений. – М.: Просвещение – 1980. – 303 с.
2. Ehleringer, J.R., Klassen S., Clayton C., Sherrill D., Fuller-Hollbrook M., Qing-nong Fu, Cooper T.A.. Carbon isotope discrimination efficiency in common bean // *Crop Science* – 1991. – № 31. – С. 1611-1615.
3. Амелин А.В., Чекалин Е.И., Заикин В.В., Сальникова Н.Б. Интенсивность фотосинтеза и транспирации листьев у растений *Glycine max (L.) Merr.* // *Вестник аграрной науки* – 2017.-6(69). – С. 3-8 с.
4. Амелин А.В., Чекалин Е.И., Заикин В.В., Сальникова Н.Б. Интенсивность транспирации листьев *Glycine max (L.) Merr.* в зависимости от фазы роста и ярусного расположения на растении. // *Овощи России* – 2018. – №1 (39). – С. 47-493.
5. Доброхотов А.В., Козырева Л.В., Максенова И.Л., Шандор Л.В. Модельная оценка пространственного распределения устьичной проводимости у кормовых трав // *Сельскохозяйственная биология* – 2017.- том 52, – № 3. – С. 446-453.
6. Амелин А.В., Фесенко А.Н., Заикин В.В., Чекалин Е.И. Особенности устьичной проводимости молекул воды листьями гречихи посевной *Fagopyrum esculentum Moench.* // *Зернобобовые и крупяные культуры.* – 2018 – №4(28) – С.-24-59.
7. Амелин А.В., Фесенко А.Н., Заикин В.В., Чекалин Е.И. Видовые особенности устьичной проводимости листьев у растений *Fagopyrum esculentum Moench* // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.* – 2018. – № 8. – С. 41-48.
8. Кудоярова Г.Р., Веселов Д.С., Фаизов Р.Г., Веселова С.В., Иванов Е. А., Фархутдинов Р.Г. Реакция устьиц на изменение температуры и влажности воздуха у растений разных сортов пшеницы, районированных в контрастных климатических условиях. // *Физиология растений.* – 2007. – Т. 54. – № 1. – С. 54-58.
9. Сафаралихонов А.Б., Акназаров О.А. Дневная и сезонная динамика интенсивности транспирации листьев растений конских бобов при УФ-облучении семян. // *Доклады Академии Наук Республики Таджикистан.* – 2014. – том 57, – № 4. – С. 327-332.
10. Миюц О.А. Особенности фотосинтеза в наиболее важные фазы роста фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris L.*) разных периодов селекции. // *Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства» 11-14 ноября. Орел.* – 2019. – С.111-114.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып.2/Гос. комис. по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при МСХ СССР. – М.: – 1989. – 194 с.

References

1. Yakushkina N.I. Fiziologiya rastenii [Plant physiology]. Moscow. *Prosveshchenie*, 1980, 303 p. (in Russian)
2. Ehleringer, J.R., Klassen S., Clayton C., Sherrill D., Fuller-Hollbrook M., Qing-nong Fu, Cooper T.A.. Carbon isotope discrimination efficiency in common bean. *Crop Science*, 1991, no. 31, pp. 1611-1615.
3. Amelin A.V., Chekalin E.I., Zaikin V.V., Sal'nikova N.B. Intensivnost' fotosinteza i transpiratsii list'ev u rastenii *Glycine max (L.) Merr.* [The intensity of photosynthesis and transpiration of leaves in plants *Glycine max (L.) Merr.*] *Vestnik agrarnoi nauki*, 2017, 6(69), pp. 3-8. (in Russian)
4. Amelin A.V., Chekalin E.I., Zaikin V.V., Sal'nikova N.B. Intensivnost' transpiratsii list'ev *Glycine max (L.) Merr.* v zavisimosti ot fazy rosta i yarusnogo raspolozheniya na rastenii [Leaf transpiration rate *Glycine max (L.) Merr.* depending on the phase of growth and longline location on the plant]. *Nauchno-prakticheskii zhurnal Ovoshchi Rossii*. 2018, no.1 (39), pp. 47-49. (in Russian)
5. Dobrokhотов A.V., Maksenkova I.L., Shandor L.V. Model'naya otsenka prostranstvennogo raspredeleniya ust'ichnoi provodimosti u kormovykh trav [Model assessment of the spatial distribution of stomatal conduction in forage grasses]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2017, vol. 52, no.3, pp. 446-453. (in Russian)
6. Amelin A.V., Fesenko A.N., Zaikin V.V., Chekalin E.I. Osobennosti ust'ichnoi provodimosti molekul vody list'yami grechikhi posevnoi *Fagopyrum esculentum Moench*[Features of stomatal conductivity of water molecules by leaves of common buckwheat *Fagopyrum esculentum Moench*]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, no. 4 (28), 2018, pp. 24-59. (in Russian)
7. Amelin A.V., Fesenko A.N., Zaikin V.V., Chekalin E.I. Vidovye osobennosti ust'ichnoi provodimosti list'ev u rastenii *Fagopyrum esculentum Moench* [Species features of stomatal conduction of leaves in plants of *Fagopyrum*

- esculentum Moench]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2018, no. 8, pp. 41-48. (in Russian)
8. Kudoyarova G.R., Veselov D.S., Faizov R.G, Veselova S.V., Ivanov E. A., Farkhutdinov R.G. Reaktsiya ust'its na izmenenie temperatury i vlazhnosti vozdukha u rastenii raznykh sortov pshenitsy, raionirovannykh v kontrastnykh klimaticheskikh usloviyakh [The reaction of stomata to changes in temperature and humidity in plants of different varieties of wheat, zoned in contrasting climatic conditions]. *Fiziologiya rastenii*, 2007, vol. 54, no. 1, pp. 54-58. (in Russian)
9. Safaralikhonov A.B., Aknazarov O.A. Dnevnyaya i sezonnyaya dinamika intensivnosti transpiratsii list'ev rastenii konskikh bobov pri UF-obluchenii semyan [Daily and seasonal dynamics of the intensity of transpiration of leaves of horse beans plants under UV radiation]. *Doklady Akademii Nauk Respubliki Tadjikistan*. 2014, vol 57, no.4, pp. 327-332. (in Russian)
10. Miyuc O.A. [Features of photosynthesis in the most important phases of growth of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) of different breeding periods] Osobennosti fotosinteza v naibolee vazhnye fazy rosta fasoli obyknovnoy (*Phaseolus vulgaris* L.) raznykh periodov seleksii. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov «Rol' molodykh uchenykh v innovatsionnom razvitii sel'skogo khozyaistva» 11-14 noyabrya. Orel [Proc. intern. Sci. – Pract. Conf. of young scientists and specialists “The role of young scientists in the innovative development of agriculture”]. Orel, 2019, pp.111-114. (in Russian)
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of state variety testing of crops]. Vol. 2. *Gos. komis. po sortoispytaniyu sel'skokhozyaistvennykh kul'tur pri M-ve sel. Khoz-va SSSR, Moscow*, 1989, 194 p. (in Russian)