

Изучение сопряженности процессов газообмена у коллекционных образцов *Trifolium alexandrinum* L. с высокой устойчивостью к абиотическим стрессорам на ювенильном этапе

Печегина Ю.В., н.с.; Думачева Е.В., д.б.н., в.н.с.; Печегин А.Ю., м.н.с.; Гребенников А.А., н.с., Усольцева Е.В., м.н.с.

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса, г. Лобня, МО, Россия

*email: laboratory_ph@mail.ru

*Оценка сопряженности основных физиологических процессов и продуктивности селекционных образцов на ювенильных этапах в связи с солеустойчивостью проводилась на 10 селекционных образцах *Trifolium alexandrinum*. Во всех диапазонах освещенности показатели параметров фотосинтетического аппарата: транспирация, межклеточная концентрация CO_2 , скорость ассимиляции CO_2 , квантовый выход, – устойчивых образцов превышают показатели неустойчивых образцов клевера.*

Ключевые слова: клевер александрийский, солеустойчивость, фотосинтез, квантовый выход, интенсивность ассимиляции, транспирация.

Study of conjugation of gas exchange processes in collection specimens of *Trifolium alexandrinum* L. with high tolerance to abiotic stressors at the juvenile stage

Pechegina Y.V.; Dumacheva E.V.; Pechegin A.Y.; Grebennikov A.A.; Usoltseva E.V.

Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Lobnya, MR, Russia

*email: laboratory_ph@mail.ru

*Assessment of the conjugation of the main physiological processes and productivity of breeding samples at juvenile stages in connection with salt tolerance was carried out on 10 breeding samples of *Trifolium alexandrinum*. In all light ranges, the indices of photosynthetic apparatus parameters: transpiration, intercellular CO_2 concentration, CO_2 assimilation rate, quantum yield, - of resistant samples exceed the indices of unstable clover samples.*

Key words: Alexandrian clover, salt tolerance, photosynthesis, quantum yield, assimilation intensity, transpiration.

Однолетние клевера являются перспективным источником высокобелкового корма, особенно в смешанных посевах с однолетними злаковыми травами [1–3].

Они способны подавлять развитие сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур, обладают рядом других полезных свойств. Клевер александрийский (*Trifolium alexandrinum* L.) имеет прямые стебли, высотой растений 25–60 см. Соцветие представляет собой овально-коническую головку. В течение 90–120 дней протекает вегетационный период [4, 5].

На сегодняшний день всего два сорта клевера александрийского зарубежной селекции включены в Госреестр по Российской Федерации: Алекс и Виннер. В связи с этим важно создавать отечественный качественный селекционный материал клевера александрийского с повышенной урожайностью, а также устойчивостью к абиотическим факторам среды.

В ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» изучается биоресурсная коллекция *T. alexandrinum*. В серии предварительных лабораторных опытов 2022 г. по оценке потенциальной солеустойчивости из имеющихся в данной коллекции из 10 образцов *T. alexandrinum* были выделены две группы, условно названные «устойчивые» ($У_{Ал}$) (4 образца) и «неустойчивые» ($НУ_{Ал}$) (6 образцов). Проростки выращивали на торфяном субстрате до 28 суток. Исследования проводили на 28 сутки стандартными методами [6–8]. Концентрация 0,3 М NaCl была выбрана в результате предварительных экспериментов по отработке методики оценки устойчивости селекционных образцов к засолению [9, 10]. Повторность в опыте шестикратная.

У семядольных листьев клевера александрийского (*T. alexandrinum*) на ювенильном этапе оценивали устойчивость показателей интенсивности темнового дыхания и фотосинтеза к воздействию солей NaCl (рис. 1).

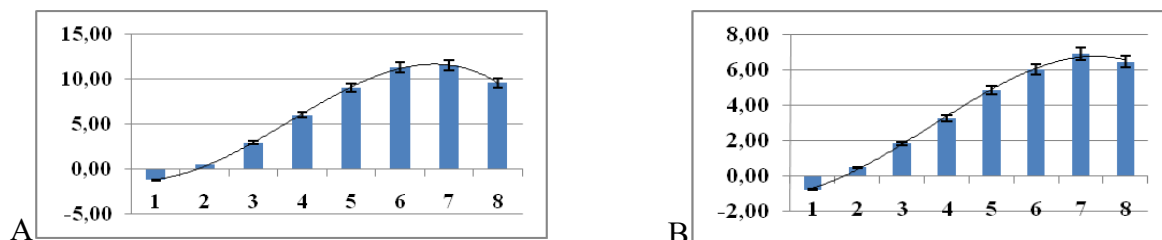


Рис. 1. Динамика интенсивности темнового дыхания и фотосинтеза (А) *T. Alexandrinum* на ювенильном этапе: А – устойчивые, $У_{Ал}$; В – неустойчивые, $НУ_{Ал}$

У устойчивых образцов $У_{Ал}$ интенсивность темнового дыхания составила $-1,18 \mu\text{M} / \text{м}^2\text{с}$, у $НУ_{Ал}$ $-0,15 \mu\text{M} / \text{м}^2\text{с}$, (у $У_{Ал}$ в 7,8 раз выше). Интенсивность фотосинтеза при освещенности в диапазоне от $50 \mu\text{M} / \text{м}^2\text{с}$ до $1500 \mu\text{M} / \text{м}^2\text{с}$ у $У_{Ал}$ была на 172,0 % выше, чем у $НУ_{Ал}$.

Проведена оценка динамики межклеточной концентрации CO_2 у семядольных листьев *T. alexandrinum*. В целом по опыту, она у $У_{Ал}$ была на 25,8% выше по сравнению с $НУ_{Ал}$. Рассчитали индексы, характеризующие отношение интенсивности ассимиляции к межклеточной концентрации CO_2 (A/C_i). У устойчивых форм *T. alexandrinum* отношение A/C_i в среднем на 98,9 % выше, чем у образцов $НУ_{Ал}$.

Оценивали интенсивность транспирации (E_{mm} , $\text{мМ} / \text{м}^2\text{с}$) (рис. 2).

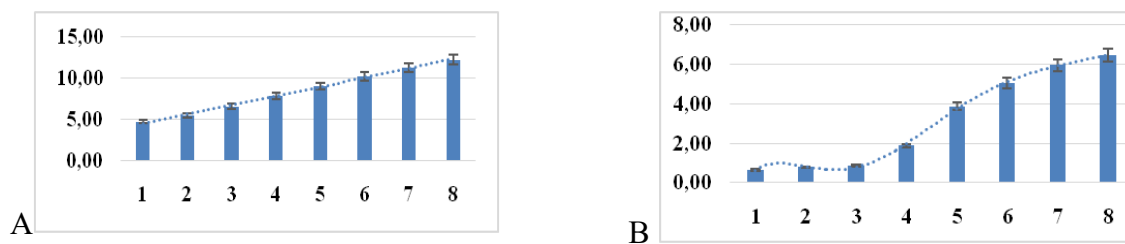


Рис. 2. Динамика интенсивности транспирации *T. alexandrinum* на ювенильном этапе: А – устойчивые, У_{Ал}; В – неустойчивые, НУ_{Ал}

В темноте показатель у У_{Ал} составил 4,70 мМ /м²с – в 6,9 раза выше, чем у НУ_{Ал} – 0,68 мМ /м²с. В диапазоне освещенности от 50 мМ /м²с до 1500 мМ /м²с у У_{Ал} транспирация была в 7,8 раз выше, чем у НУ_{Ал}. Тесно связан с водообменом показатель устьичной проводимости (g_{sw} , М м⁻² с⁻¹). В целом по опыту, значения устьичной проводимости у У_{Ал} были в 8,8 раз выше по сравнению с НУ_{Ал}.

Квантовый выход фотосинтеза при освещенности от 50 мМ /м²с до 1500 мМ /м²с у У_{Ал} превысил на 2,7% показатели НУ_{Ал} (рис. 3).

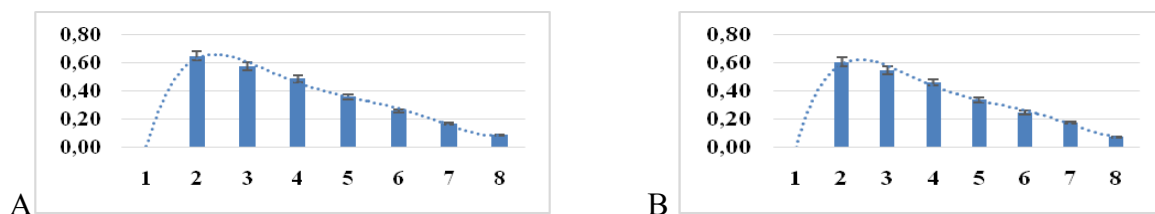


Рис. 3. Динамика квантового выхода фотосинтеза *T. alexandrinum* на ювенильном этапе: А – устойчивые, У_{Ал}; В – неустойчивые, НУ_{Ал}

В таблице приведены уравнения, описывающие световые кривые отдельных комплексных показателей газообмена семядольных листьев *T. alexandrinum* в зависимости от их устойчивости к воздействию солей.

Уравнения полиномиальных функций показателей газообмена семядольных листьев *T. alexandrinum* в зависимости от солеустойчивости

Вариант	Уравнение полиномиальной функции	R ²
Световые кривые фотосинтеза		
А	$-0,1196x^3 + 1,3311x^2 - 1,7155x - 0,5875$	0,9994
В	$-0,0397x^3 + 0,4358x^2 + 0,0143x - 1,0815$	0,9983
Световые кривые межклеточной концентрации CO₂		
А	$0,3608x^3 - 2,4598x^2 - 11,406x + 405,73$	0,9991
В	$-0,2383x^6 + 6,6731x^5 - 73,298x^4 + 395,25x^3 - 1060,4x^2 + 1286x - 361,37$	0,9996

Световые кривые газообмена *T. alexandrinum* на ювенильном этапе зависимости от устойчивости селекционных образцов характеризуются высокими коэффициентами аппроксимации (R²) – от 0,9933 до 0,9999. Полученные данные согласуются с результатами исследований [11].

Таким образом, установлено, что на ювенильном этапе онтогенеза в условиях

солевого стресса на фоне различной интенсивности ФАР отдельные показатели газообмена у устойчивых образцов *T. alexandrinum* превышают параметры неустойчивых форм: по интенсивности темнового дыхания – в 7,8 раз, по скорости ассимиляции CO₂ – на 42,9–75,1 %; межклеточной концентрации CO₂ – на 25,8 %; отношению интенсивности ассимиляции к межклеточной концентрации CO₂ – на 98,9 %; транспирации – в 5,17–12,0 раз; устьичной проводимости – в 8,8 раз, квантовому выходу фотосинтеза на 18,3–47,2 % только при интенсивностях ФАР от 600 μМ/ м²с и более.

Финансирование: Работа выполнена в рамках Нацпроекта «Наука и университеты» в рамках создания молодежных лабораторий по Госзаданию FGFW-2022-0013 «Разработка теоретических основ ускорения интродукции, селекции и повышения эффективности семеноводства сельскохозяйственных растений на основе оценки сопряженности фундаментальных физиологических процессов».

Список литературы

- 1 Бекузарова С.А., Датиева И.А. Снижение загрязненности почв однолетними видами клевера // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. № 3. С. 8–12.
- 2 Бекузарова С.А., Бушуева В.И., Албегов А.И. Однолетние виды клевера – оздоровители почвы // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2017. № S12. С. 208–209.
- 3 Думачева Е.В., Чернявских В.И. Почвенно-ризосферные взаимодействия некоторых видов Fabaceae при возделывании в культуре на карбонатных почвах // Фундаментальные исследования. 2012. № 9–2. С. 351–355.
- 4 Думачева Е.В., Чернявских В.И. Биоресурсный потенциал бобовых трав на меловых обнажениях и карбонатных почвах Европейской России. Белгород: Издательский дом «Белгород», 2014. 44 с.
- 5 Дегтярь О.В., Чернявских В.И. О состоянии степных сообществ юго-востока Белгородской области // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Биология. 2004. № 2. С. 254–258.
- 6 Мокроносов А.Т., Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты /под ред. профессора. И. П. Ермакова. М: Академия. 2006. 448 с.
- 7 Forage production under salt stress / S.E. Smith [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.naaic.org/stdtests/updated/pdfs/ForageProductionUnderSaltStress.pdf> (дата обращения: 28.02.2024).
- 8 Salt tolerance of germinating alfalfa seeds / M.D. Rumbaugh [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.naaic.org/stdtests/updated/pdfs/SaltToleranceGerminatingAlfalfaSeeds.pdf> (дата обращения: 28.02.2024).
- 9 Parsons D., Cherney J.H., Peterson P.R. Preharvest Neutral Detergent Fiber Concentration of Alfalfa as Influenced by Stubble Height // Agronomy journal. 2009. Vol. 101 (4). P. 769–774.
- 10 Dumacheva E.V., Sajfutdinova L.D., Pechegina Yu.V., Maksimova P.V., Usoltseva E.V., Panchenko E.D. Evaluation of the resistance of medicago breeding samples to the action of abiotic stressors at the early stages of ontogenesis // II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023) // BIO Web of Conferences, 010 (2023) CIBTA-II-2023. P. 01088. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101088>

- 11 Думачева Е.В., Костенко С.И., Чернявских В.И., Печегина Ю.В., Гребенников А.А. Сравнительный анализ скорости ассимиляции CO₂ у однолетних видов *Trifolium* на ювенильном этапе онтогенеза // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сборник научных трудов, выпуск 32 (80) / ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». Москва : ФГБОУ ДПО РАКО АПК, 2023. С.14–22.

DOI 10.18699/GPB2024-68

Результаты изучения исходного материала гороха в 2023 году для выделения источников высокой выраженности ценных признаков

Пискарев В.В.^{1}, к.с.-х.н., зав. лабораторией; Сухомлинов, В.Ю.¹, агроном 1 категории; Морозова Е.В.¹, м.н.с.; Семенова Е.В.², к.б.н., в.н.с.; Мышкин И.А.¹, аспирант.*

¹Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики Сибирского отделения российской академии наук», Краснообск, Россия

²Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

**email: piskaryov_v@mail.ru*

В результате проведенной научной работы в 2023 году выделены источники высокой выраженности основных хозяйственно ценных признаков гороха: Урожайность (418,8–599,6 г/м²) – 16 сортообразцов; масса семян с 1 растения (7,01–13,71 г) – 18; количество семян на 1 растение (28,5–57,9 шт.) – 18.

Ключевые слова: горох, сортообразец, источник, урожайность, масса семян с 1 растения, количество семян на 1 растение.

Results of the study of pea varieties in 2023 to identify sources of high expression of aronomic traits

Piskarev V.V.^{1}, Sukhomlinov, V.Yu.¹, Morozova E.V.¹, Semenova E.V.², Myshkin I.A.¹*

¹Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Krasnoobsk, Russia

²Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint-Petersburg, Russia

**email: piskaryov_v@mail.ru*

As a result of the scientific work carried out in 2023, sources of high expression of the main economically valuable traits of peas were identified: yield (418.8–599.6 g/m²) – 16 varieties; weight of seeds per plant (7.01–13.71 g) – 18; number of seeds per plant (28.5–57.9 pcs.) – 18.

Key words: peas, variety, source, yield, weight of seeds per plant, number of seeds per plant.