

ным паром, где составила на удобренном фоне 20,2; 20,5; 20,3, 20,6 и 20,2 ц с 1 га. В среднем за годы исследований наименьшая урожайность на бессменном посеве ячменя на удобренном 16,6 и 15,6 ц с 1 га неудобренном фонах питания за счёт засорённости, истощения почвы и неблагоприятных погодных условий.

Основные выводы: ячмень – самая продуктивная культура из ранних зерновых, где урожайность составляет по годам исследований от 12,7 до 24,0 ц с 1 га; урожайность ячменя в севооборотах в последствии различных видов пара была практически одинаковой; влияние чёрного пара в последствии положительно сказывается в отдельные годы на урожайности, прибавка составляет 4-5 ц с 1 га; реакция ячменя на удобрение различна как во влажные, так и засушливые годы.

#### Библиографический список

1. Крючков А.Г. Совершенствование структуры посевных площадей по зонам области / А.Г. Крючков // Сохранение и повышение плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Оренбургской области. – Оренбург, 2002. – С. 81-95.
2. Максютов Н.А. Оценка эффективности беспаровых севооборотов и бессменных посевов сельскохозяйственных культур / Н.А. Максютов // Наука и хлеб. – Оренбург, 1996. – Вып. 4. – С. 136-143.
3. Тишков Н.И. Результаты и перспективы селекции ярового ячменя в Оренбуржье / Н.И. Тишков, Д.Н. Тишков, Т.А. Тимошенкова // Повышение эффективности сельскохозяйственного производства в степной зоне Урала. – Оренбург, 2012. – С. 221-231.
4. Уразалиев Р.А. Минеральное питание ярового ячменя в севообороте / Р.А. Уразалиев, А.К. Умбетов, Ж.И. Кожабаев // Зерновое хозяйство. – 2003. – №4. – С. 15.

УДК 581.543 (574.45)

**Ю.А. Рупышев, Т.Г. Бойков, А.В. Суткин**

ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ

#### **ВЛИЯНИЕ ВЫПАСА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СТЕПНЫХ РАСТЕНИЙ ПЕСЧАНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БАСЕЙНА РЕКИ БАРГУЗИН, БАЙКАЛЬСКИЙ РЕГИОН, РОССИЯ**

**Ключевые слова:** степь, пастбище, нетто-фотосинтез, транспирация, эффективность использования воды

*Фотосинтетические параметры семи доминирующих видов растений (*Artemisia frigida*, *Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*, *Kochia prostrata*, *Leymus chinensis*, *Potentilla acaulis*, *Stipa krylovii*) были исследованы на пастбищных участках с различными режимами использования в бассейне реки Баргузин, Байкальский регион, Россия. На основе полученных данных было установлено, что интенсивность выпаса значительно влияет на фотосинтетические характеристики растений.*

**Yu. Rupyshev, T. Boikov, A. Sutkin**

FSBRI "Institute of General and Experimental Biology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Ulan-Ude

#### **EFFECTS OF GRAZING ON PHOTOSYNTHETIC PARAMETERS OF STEPPE PLANTS IN SANDLAND OF THE BARGUZIN BASIN, BAIKAL REGION, RUSSIA**

**Key words:** steppe, pasture, net photosynthesis rate, transpiration, water use efficiency.

*Photosynthetic characteristics of 7 dominating plant species (*Artemisia frigida*, *Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*, *Kochia prostrata*, *Leymus chinensis*, *Potentilla acaulis*, *Stipa krylovii*) were studied on pastures with different regimes of usage in the basins of the Barguzin river, Baikal Region, Russia. Based on the results obtained, it was found out that grazing intensity significantly influenced photosynthetic characteristics of the plants.*

**Введение.** Наиболее интенсивно используемые экосистемы в Байкальском регионе являются степи. Они тысячами служили кормовой базой для животноводства. Местное население бережно относилось к пастбищам. Народные обычаи строго регламентировали место, сроки и продолжительность выпаса скота. В последнее столетие способы организации пастбищ изменились [1]. Особую опасность представляет бессистемная пастыба, приводящая к уничтожению травостоя на значительных площадях. В результате из более 1,8 млн. га степных территорий, пригодных для пастыбы, около 254 тыс. га перешли в категорию сильно сбитых. Травоядные животные оказали сильное разрушающее воздействие не только на травос-

той, но и на природные комплексы в целом. Восстановление всех компонентов экосистем – сложный мультипликативный и длительный во времени процесс, началом которого могла бы стать организация оптимального пастбищного режима.

Целью нашего исследования было определение эффектов выпаса на фотосинтетические параметры степных растений.

**Материал и методы исследования.**  
**Объекты и район исследования.** Исследования проводились в бассейне реки Баргузин (53°44' – 53°55' с.ш., 110°07' – 110°18' в.д.), который расположен на северо-востоке Байкальского региона (рис. 1).

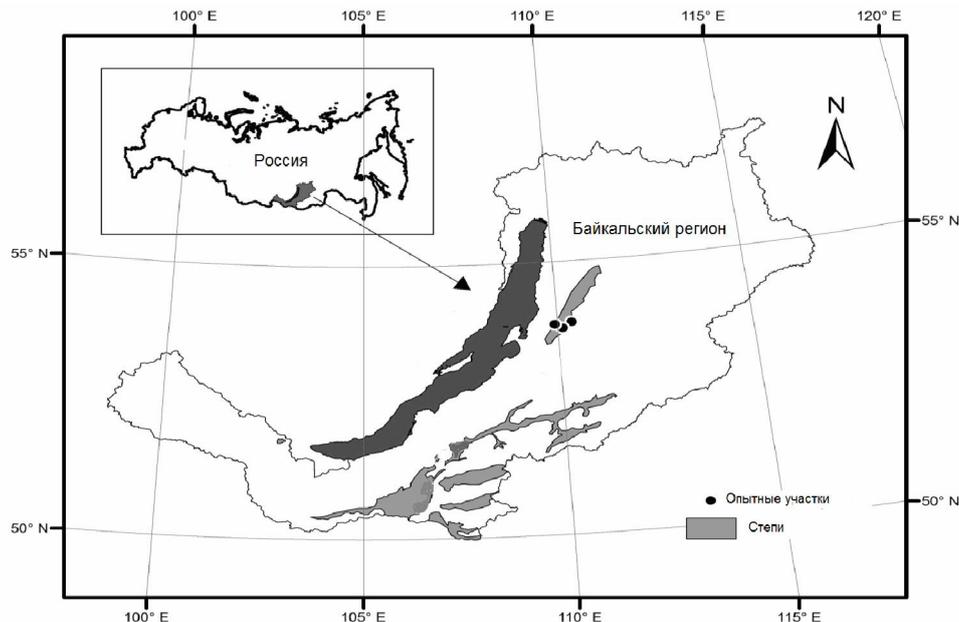


Рисунок 1 – Исследовательская территория и опытные участки

Рельеф территории - горно-котловинный. Климат - умеренный, семиаридный со среднегодовой температурой воздуха около – 2,6°С и годовым количеством осадков около 350 мм. Основная масса осадков (60-80 %) выпадает летом (июль-август) в период тихоокеанских

муссонов.

Кроме рельефа и климата важным фактором, определяющим существование степных экосистем на территории исследования, является широкое распространение песков. Они занимают днища котловин и вершины низкогорий.

Мощность их может достигать 600 м [14]. Сильные ветровые потоки переносят пески на значительные расстояния, что приводит к распространению дефляционных явлений.

Таким образом, высотная и экспозиционная дифференциация рельефа, низкое атмосферное увлажнение, преобладание песчаных почв обусловили формирование уникального «острова» степи среди горной тайги.

Степные сообщества (*Stipetum krylovii* Mirkin et al.) являются зональным типом растительности региона.

Для исследования были выбраны степные участки с различными режимами пастбищного использования, расположенные на небольшом удалении друг от друга, в пределах 10 км. Более подробную информацию об участках см. таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристика исследовательских участков

Местонахождение	53°55'41.4"с.ш. 110°18'13.3"в.д.	53°44'59.9" с.ш. 110°11'50.9" в.д.	53°46'42.9" с.ш. 110°07'42" в.д.
Площадь, [га]	20	22	24
Высота над ур. моря, [м]	572	503	483
Плотность почвы, [г/см <sup>3</sup> ]	0,99±0,05	1,06±0,02	0,92±0,09
Содержание воды в почве, [%]	5,30±0,29	1,54±0,40	4,3±0,71
Использования участков	не выпасаемые	чрезмерного выпаса	восстанавливаемые
Доминирующие виды	<i>Stipa krylovii</i> <i>Artemisia frigida</i>	<i>Carex duriuscula</i>	<i>Stipa krylovii</i> <i>Artemisia frigida</i> <i>Potentilla acaulis</i>

На пробных площадях размером 100 м<sup>2</sup> проводили измерения фотосинтетических показателей 7 доминирующих видов растений в 5-кратной повторности с помощью портативного инфракрасного газоанализатора LI-6400 (Li-Cor, Lincoln, NE, USA). Чистая скорость фотосинтеза и транспирация были определены в середине августа на полностью раскрывшихся листьях каждого вида с 08:00 до 11:00 в ясные дни с плотностью потока фотонов в пределах от 1500

до 2000  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Эффективность использования воды рассчитывали как отношение скорости фотосинтеза к транспирации [12]. Статистический анализ проводили с помощью Excel. Достоверность различий были проверены t-тестом при уровне значимости  $p < 0,05$ .

Метеорологические данные в вегетационный период 2014 года были получены с метеостанции Баргузин <http://meteocenter.net/forecast/all.php>, <https://www.meteoblue.com/ru/archive> (рис. 2).

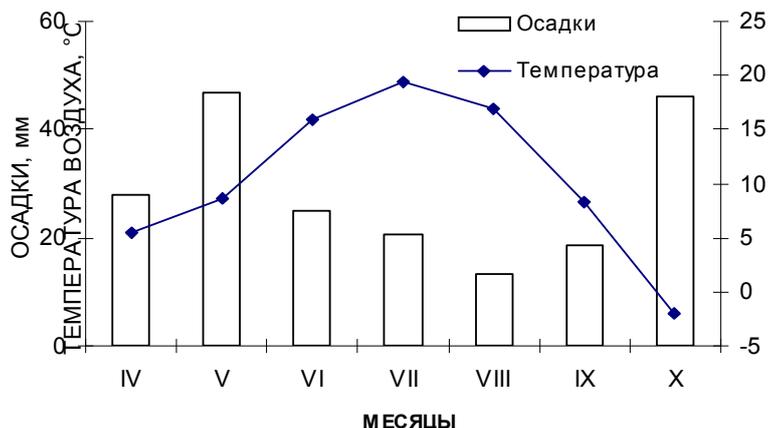


Рисунок 2 – Среднемесячное количество осадков и температура воздуха в бассейне реки Баргузин во время вегетации 2014 года.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Нетто-фотосинтез *Carex duriuscula*, *Potentilla acaulis*, *Stipa krylovii*

достигал самого высокого значения в условиях чрезмерного выпаса (табл. 2).

**Таблица 2** – Фотосинтетические параметры доминирующих видов растений

Параметры	Виды	Участки		
		не выпасаемые	чрезмерного выпаса	восстанавливаемые
PN	Lc		7,03±0,44	21,26±0,11
	Sk	8,98±0,28	19,12±0,29	13,89±0,29
	Cs	6,76±0,47	25,97±0,46	5,96±0,13
	Cd	4,83±0,41	14,90±0,77	7,55±4,06
	Pa	8,78±0,19	23,11±0,68	21,03±0,38
	Af	12,54±0,28	12,54±0,20	13,24±0,40
	Kp	14,94±0,94	–	17,72±5,31
E	Lc	–	3,86±0,67	5,73±0,32
	Sk	3,34±0,50	11,18±1,44	5,40±0,87
	Cs	5,24±0,74	11,29±1,51	3,97±0,61
	Cd	3,39±0,60	9,87±1,54	5,07±0,56
	Pa	4,01±0,70	14,39±2,67	7,45±0,50
	Af	4,88±0,50	5,78±0,76	6,93±0,87
	Kp	3,86±0,87	–	13,87±2,76
WUE	Lc	3,04±0,47	1,82±0,65	3,71±0,33
	Sk	2,69±0,55	1,71±0,19	2,57±0,33
	Cs	1,29±0,63	2,30±0,31	1,50±0,21
	Cd	1,42±0,25	1,51±0,37	1,49±0,23
	Pa	2,19±0,28	2,05±0,45	2,94±0,75
	Af	2,57±0,56	2,17±0,26	1,91±0,46
	Kp	3,87±1,08	–	1,28±0,26

Примечание: E – транспирация, Pn – нетто-фотосинтез, WUE – эффективность использования воды, Af – *Artemisia frigida*, Cd – *Carex duriuscula*, Cs – *Cleistogenes squarrosa*, Lc – *Leymus chinensis*, Kp – *Kochia prostrata*, Pa – *Potentilla acaulis*, Sk – *Stipa krylovii*

Его низкие значения у *Cleistogenes squarrosa* были обусловлены ограничением пастьбы. Показатели фотосинтеза *Artemisia frigida*, *Kochia prostrata*, *Leymus chinensis* были выше на восстанавливаемых участках.

Транспирация *Cleistogenes squarrosa*, *Potentilla acaulis*, *Stipa krylovii* возросла вместе с интенсивностью выпаса, и самые высокие темпы обнаруживала на чрезмерно выпасаемых участках (табл. 2). Ее значение у *Artemisia frigida* и *Leymus chinensis* с возрастом пастбищной нагрузки изменилось незначительно. Потеря влаги у *Carex duriuscula* происходила на более низком уровне. Значительные различия в испарении воды на восстанавливаемых и ограниченных для выпаса участках имела *Kochia prostrata*.

Эффективность использования воды 7 видов растений показала разнонаправ-

ленные изменения (табл. 2). Она значительно снизилась под влиянием интенсивности выпаса ( $p < 0.05$ ) у *Leymus chinensis*, *Stipa krylovii*, *Potentilla acaulis*, возросла у *Artemisia frigida*, *Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*, а *Kochia prostrata* осталась индифферентной к такому использованию травостоя.

Выпас травоядных определяет состояние пастбищных экосистем и их компонентов. Он существенно влияет на динамику растительных сообществ, изменение первичной продукции, разложение органического вещества, круговорот, распределение питательных веществ, конкурентные отношения среди видов растений [9].

Анализ данных, полученных при изучении доминирующих видов растений, произрастающих на участках с различными способами использования, обнаружил зависимость интенсивности фо-

тосинтеза, транспирации и эффективности использования воды от режимов использования пастбищ.

Нетто-фотосинтез *Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*, *Stipa krylovii* увеличивался от не выпасаемых к чрезмерно выпасаемым участкам, где достигал максимума. Его высокие показатели, вероятно, связаны с механическим повреждением растений во время стравливания выпасаемыми животными и с потребностью большей энергии для отрастания и развития [5], следовательно, с компенсационным ростом [10].

По-видимому, не всегда высокое значение нетто-фотосинтеза обусловлено нарушениями целостности растений. Так, *Potentilla acaulis* не была повреждена, однако имела самую высокую активность на чрезмерно выпасаемых участках. Постепенное её снижение на восстанавливаемых и не выпасаемых участках, вероятно, связано с неэффективным световым перехватом в результате изменения в ярусных структурах растительных сообществ.

Значительные темпы фотосинтеза при отсутствии выпаса мы наблюдали у *Leymus chinensis*. В дальнейшем при увеличении пастбищной нагрузки прежние показатели снижались.

Параметры фотосинтеза при различных способах использования пастбищ *Artemisia frigida* практически не изменила, что, возможно, обеспечивалось различными адаптивными особенностями растения [4].

Реакции растений при различных режимах пастбищного использования проявлялись не только на параметрах интенсивности фотосинтеза, но и транспирации. Минимальный расход воды на транспирацию отмечался на не выпасаемых участках, с увеличением интенсивности выпаса он постепенно возрастал и достигал максимума на чрезмерно выпасаемых участках. Наши результаты во многом согласуются с суждениями [3] о том, что высокая или низкая интенсивность пастыбы изменяет транспирацию растений. Причина обусловлена

различным содержанием воды в почве под травостоем или с более плотным расположением растений, создающим взаимное затенение, которое и оказывает влияние на темпы транспирации [8,15]. При этом нельзя исключать и адаптаций самих растений, с помощью которых они регулируют водный обмен.

Вполне закономерно, что эффективность использования воды растениями, которая определяется отношением интенсивности фотосинтеза и транспирации зависела от режимов использования пастбищ. Она практически не изменялась на всех участках у *Carex duriuscula*, что, вероятно, связано с компенсаторными реакциями вида. Значительно уменьшалась в условиях перевыпаса у *Potentilla acaulis*, *Stipa krylovii*, что указывало на их адаптацию к стрессовому состоянию [11,13]. Ее неизменяющиеся параметры с увеличением пастбищной нагрузки позволили *Artemisia frigida* поддерживать фотосинтетическую активность в условиях низкой оводненности [2,16]. *Cleistogenes squarrosa* с возрастанием пастбищной нагрузки увеличила эффективность использования воды, что согласуется с результатами других исследований [4,6,15].

Таким образом, существуют тесные взаимоотношения между физиологическими свойствами степных растений и их конкурентными преимуществами на участках с различными режимами пастбищного использования. Режимы выпаса и восстановления значительно влияют на физиологические характеристики степных видов растений. Изменения в характеристиках растений может отчасти объясняться их компенсаторными реакциями.

*Исследования были выполнены в рамках темы VI.52.1.9. «Современное состояние разнообразия растительного покрова и его ресурсов в Байкальском регионе».*

#### Библиографический список

1. Гомбоев Б.О. Аграрное землепользование Внутренней Азии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – 228 с.
2. Chen S., Bai Y., Lin, G., Liang Y., Han X.

Effects of grazing on photosynthetic characteristics of major steppe species in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, China. // *Photosynthetica*, 2005. – Vol. 43 (4). – P. 559-565.

3. Cox R., Parr T.W., Plant R.A. Water use and water-use-efficiency of perennial ryegrass swards as affected by height and frequency of cutting and seed rate. // *Grass and Forage Science*, 1988. – Vol. 44. – P.97-104

4. Gao Y.Z., Wang S.P., Han X.G., Chen Q.S., Zhou Z.Y. Defoliation, nitrogen and competition: effects on plant growth and biomass allocation of *Cleistogenes squarrosa* and *Artemisia frigida*. // *J. Plant Nutr Soil Sci.*, 2007. – Vol. 170. – P. 115-122.

5. Hou F.J. Effects of grazing on photosynthesis and respiration of herbage and on its absorption and transpiration of nitrogen and carbon. // *Chinese J. Applied Ecology*, 2001. – Vol. 12. – P. 938–942.

6. Liang C., Michalk D.L., Millar G.D. The ecology and growth patterns of *Cleistogenes* species in degraded grasslands of eastern Inner Mongolia, China. // *J. Appl. Ecol.*, 2002. – Vol. 39. – P. 584–594

7. Ni J. Plant functional types and climate along a precipitation gradient in temperate grasslands, north-east China and south-east Mongolia. // *J. Arid Envir.*, 2003. – Vol. 53. – P. 501-516

8. Niu S.L., Jiang G.M., Gao L.M., Li Y.G., Liu M.Z. Comparison of gas exchange traits of different plant species in Hunshandak Sandland in China. // *Acta Phytoecologica Sinica*, 2003. – Vol. 27. – P. 318–324. [In Chinese with English abstract]

9. Niu S.L., Wang S.Q. Warming changes plant competitive hierarchy in a temperate

steppe in Northern China. // *J. Plant Ecology-UK.*, 2008. – Vol. 1. – P. 103-110

10. Nowak R.S., Caldwell M.M. A test of compensatory photosynthesis in the field: implications for herbivory tolerance. // *Oecologia*, 1984. – Vol. 62. – P. 322-329.

11. Peng Y., Jiang G.M., Liu X.H., Niu S.L., Liu M.Z. Photosynthesis, transpiration and water use efficiency of four plant species with grazing intensities in Hunshandak Sandland, China. // *J. Arid Environments*, 2007. – Vol. 70. – P. 304–315.

12. Sinclair T.R., Tanner C.B., Bennett J.M. Water-Use Efficiency in Crop Production // *BioScience*, 1984. – Vol. 34. № 1. – P.36-40.

13. Sun J., Liu M., Li S. et al. Survival strategy of *Stipa krylovii* and *Agropyron cristatum* in typical steppe of Inner Mongolia. // *Acta Ecologica Sinica*, 2011. – Vol. 31. №8. – P.2148-2159.

14. Ubugunova V.I., Rupyshev Yu.A., Ubugunov V.L., Tsyrempilov E.G. Soils of Sandy Areas in Barguzin Depression: Diversity, Morphogenetic Properties, and Classification. – *Aridnye Ekosistemy*, 2013. – Vol. 19 № 4 (57). – P. 73-80.

15. Wang S.P., Wang Y.F. Study on over-compensation growth of *Cleistogenes squarrosa* population in Inner Mongolia steppe. // *Acta Botanica Sinica*, 2001. – Vol. 43. – P. 413–418

16. Zhou H.-Y., Li S.-G., Li X.-R., Zhao A.-F., Zhao H.-L., Fan H.-W., Wang G. Ecophysiological Evidence for the Competition Strategy of Two Psammophytes *Artemisia halodendron* and *A. frigida* in Horqin Sandy Land, Nei Mongol. // *Acta Botanica Sinica*, 2004. – Vol. 46 (3) – P. 284-293.

УДК 631.582.5:633.321:631.95(571.53)

**Ш.К. Хуснидинов, З.В. Козлова**

ФГБОУ ВПО «Иркутская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Иркутск

## **АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОРМОВЫХ СЕВООБОРОТОВ С КЛЕВЕРОМ ЛУГОВЫМ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ПРИАНГАРЬЯ**

**Ключевые слова:** кормовые севообороты, схемы чередования, клевер луговой, продуктивность, протеин, кормовые единицы, затраты, себестоимость, рентабельность.

*Агроэкономическая оценка кормовых севооборотов показала, что включение в схемы*