

И.В. Гурина, П.А. Михеев

О ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРАВОСМЕСИ НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННОМ ЗОЛОТВАЛЕ

фотосинтез, золоотвал, травосмесь, минеральные удобрения, показатели фотосинтетической деятельности, рекультивация

Введение

Одним из основных процессов, которые определяют жизнедеятельность организмов, является фотосинтез. Эффективность функционирования фотосинтетического аппарата растений зависит от условий обитания [1]. Их улучшение позволяет увеличить продуктивность растительности, в том числе и на рекультивируемых землях.

Цель и задачи исследований

Цель исследований – выявить основные закономерности изменения фотосинтетических показателей растений травосмеси, культивируемой на золоотвале, при различном уровне минерального питания в условиях естественной влагообеспеченности. Задачи: изучить особенности фотосинтетической деятельности растений, культивируемых на нарушенных землях; заложить опытные участки на золоотвале; установить закономерности изменения фотосинтетических показателей травосмеси на золоотвале при различном уровне минерального питания в условиях естественной влагообеспеченности.

Объекты и методики исследований

Объектом исследований являлись посевы травосмеси «эспарцет + пырей + костреч» на второй обработанной секции золоотвала Новочеркасской ГРЭС. На техническом этапе рекультивации на поверхность секции был нанесён рекультивационный слой толщиной 30–40 см, состоящий из супесчаного и суглинистого субстратов. В результате проведённых анализов образцов рекультивационного слоя установлено низкое содержание органического вещества, высокая щёлочность, малая обеспеченность питательными элементами, а также наличие тяжёлых металлов.

Биологическая рекультивация второй секции золоотвала Новочеркасской ГРЭС проводилась после окончания работ технического этапа с применением такого мелиоративного приёма, как залужение многолетней травосмесью «эспарцет + пырей + костреч». Исследования проводились в первый год жизни (в 2004 году), третий год (в 2006 году) и на шестой год жизни многолетней травосмеси (в 2009 году) по следующей схеме: вариант 1 – без удобрений (контроль); вариант 2 – внесение расчётной дозы минеральных удобрений; вариант 3 – внесение повышенной на 30 % от расчётной дозы удобрений. Расчётная доза минеральных удобрений в опыте составляла $N_{90}P_{120}K_{90}$ кг/га д.в. В начале вегетации ежегодно проводилась подкормка растений травосмеси азотными удобрениями расчётной дозой N_{90} кг/га д.в., а в конце вегетации в виде подкормки вносились фосфорные и калийные удобрения дозой $P_{120}K_{90}$ кг/га д.в.

Характеристика увлажнения места проведения исследований с учётом выпавших осадков и температуры устанавливалась с помощью гидротермического коэффициента (ГТК). Для расчёта ГТК использовались метеорологические показатели по метеостанции ВНИИВиВ.

Величина ГТК в 2004 году составила 0,85, что позволяет характеризовать этот год как полувлажный. ГТК в 2006 году был равен 0,81, что свидетельствует о том, что этот год

также является полужасушливым. В 2009 году величина ГТК составила 0,75, следовательно, этот год можно охарактеризовать как засушливый.

Исследования выполнялись в соответствии с общепринятыми методическими указаниями [2].

Результаты исследований и их обсуждение

В первый год жизни многолетней травосмеси «эспарцет + пырей + кострец» максимальные значения накопления сухого вещества, нарастания листовой поверхности и чистой продуктивности фотосинтеза отмечались на варианте 3. К концу вегетации травосмеси они составили соответственно 4,9 т/га, 13,8 тыс. м²/га и 5,3 г/м² · сут. Эти показатели превышали данные, полученные на варианте 2 соответственно на 1,44 т/га, 1,9 тыс. м²/га и 1,5 г/м² · сут., а на варианте 1 превышали соответственно на 3,21 т/га, 6,2 тыс. м²/га и 3,57 г/м² · сут. (таблица 1).

На варианте 3 при максимальной площади листовой поверхности 17,4 тыс. м²/га, фотосинтетическом потенциале за вегетацию – 2477,3 тыс. м²/га · дн. и средней продуктивности фотосинтеза – 5,3 г/м² · сут. травосмесь сформировала за вегетационный период сухую массу 4,9 т/га. Приход фотосинтетической активной радиации (ФАР) за период вегетации составил 49,3 ккал/см², а коэффициент использования ФАР – 0,92 %.

На варианте 2 за период вегетации травосмесь первого года жизни сформировала сухую массу 3,46 т/га при максимальной площади листовой поверхности 14,1 тыс. м²/га. Фотосинтетический потенциал за вегетацию составил 2068,4 тыс. м²/га · дн., а средняя продуктивность фотосинтеза была равна 3,8 г/м² · сут. Приход ФАР за период вегетации также составил 49,3 ккал/см², а коэффициент использования ФАР был несколько ниже и составил 0,9 %.

Наиболее низкие показатели фотосинтетической деятельности посевов травосмеси «эспарцет + пырей + кострец» были получены на варианте 1: за период вегетации накопление сухой массы многолетней травосмесью составило 1,69 т/га при максимальной площади листовой поверхности 9,6 тыс. м²/га. Фотосинтетический потенциал за вегетацию был равен 1141,9 м²/га · дн., средняя продуктивность фотосинтеза – 1,73 г/м² · сут. За период вегетации приход ФАР также был равен 49,3 ккал/см², а коэффициент использования ФАР составил 0,6 %.

У травосмеси третьего года жизни наиболее производительными были посевы на варианте 3 с улучшенным питательным режимом. На этом варианте травосмесь в среднем за вегетацию сформировала 8,7 т/га сухой массы, что на 2,2 т/га и 4,6 т/га превышало показатели вариантов с внесением расчётной дозы удобрений и без удобрений. Максимальная площадь листовой поверхности также была отмечена на варианте 3 и составила 38,2 тыс. м²/га, что превышало показатели, полученные на вариантах 2 и 1, на 5,9 и 13,8 тыс. м²/га соответственно (таблица 2).

Однако следует отметить, что в течение вегетационного периода показатели чистой продуктивности фотосинтеза многолетней травосмеси на варианте 3 незначительно превышали показатели варианта 2. А в отдельные периоды вегетации, на варианте 2 чистая продуктивность фотосинтеза была более высокой, чем на варианте 3.

К концу вегетации максимальное значение чистой продуктивности фотосинтеза наблюдались на варианте 2 (6,5 г/м²·сут.), а наименьшие значения – на варианте 3 (4,4 г/м²·сут.). Такая ситуация объясняется высокой засорённостью посевов травосмеси, поскольку на варианте 3 сложился наиболее благоприятный питательный режим, который способствовал хорошему росту и развитию не только растений травосмеси, но и сорной растительности.

За период вегетации приход ФАР на всех вариантах опыта составил 48,6 ккал/см². Однако коэффициент использования ФАР более высоким был на варианте 3 (1,4 %), а наименьшее значение этого показателя было отмечено на варианте 1 (0,9 %).

Аналогичная ситуация складывалась и с показателями фотосинтетического потенциала.

Таблица 1. Фотосинтетическая деятельность травосмеси «эспарцет + пырей + коострец» первого года жизни в условиях второй секции золоотвала Новочеркасской ГРЭС.

Месяц	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² /га · дн.	Накопление сухой массы, т/га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² · сут.	Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %
Вариант 1 – без удобрений (контроль)						
Апрель	-	-	-	-	4,2	-
Май	3,8	86,4	0,11	1,05	5,8	-
Июнь	7,8	214,5	0,33	2,8	7,8	-
Июль	9,6	268,8	0,46	2,4	11,2	-
Август	8,9	317,3	0,41	2,2	10,1	-
Сентябрь	7,6	254,9	0,38	1,95	8,2	-
За период вегетации	-	1141,9	1,69	1,73	47,3	0,6
Вариант 2 – расчётная доза удобрений (1,0Д_{м.у.})						
Апрель	5,9	134	0,31	2,2	6,1	-
Май	12,9	293,3	0,42	4,0	7,9	-
Июнь	13,6	374	0,63	5,3	11,0	-
Июль	14,1	394,8	0,85	4,5	12,3	-
Август	13,3	474,2	0,69	3,7	6,8	-
Сентябрь	11,9	399,1	0,56	2,9	5,2	-
За период вегетации	-	2068,4	3,46	3,8	49,3	0,9
Вариант 3 – превышение расчётной дозы минеральных удобрений на 30 % (1,3Д_{м.у.})						
Апрель	7,9	179,4	0,48	3,4	6,1	-
Май	15,6	354,7	0,65	6,2	7,9	-
Июнь	16,8	462	0,95	7,9	11	-
Июль	17,4	487,2	1,1	5,8	12,3	-
Август	14,9	531,2	0,9	4,8	6,8	-
Сентябрь	13,8	462,8	0,82	4,2	5,2	-
За период вегетации	-	2477,3	4,9	5,3	49,3	0,92

В среднем за вегетацию наибольшее значение зафиксировано на варианте 3 (4529,2 тыс. м²/га · дн.), на варианте 2 фотосинтетический потенциал составил 3888,2 тыс. м²/га · дн., а наименьших значений он достигал на варианте 1 – 2926,5 тыс. м²/га · дн.

Полученные данные свидетельствуют о том, что улучшение минерального питания при естественной влагообеспеченности оказывало положительное влияние на фотосинтетическую деятельность посевов многолетней травосмеси третьего года жизни в условиях золоотвала.

На шестом году жизни многолетней травосмеси наиболее высокие показатели накопления сухого вещества также были отмечены на варианте 3 (таблица 3). В среднем за период вегетации на этом варианте травосмесь сформировала сухой массы в 2 раза больше, чем на варианте 1.

Наиболее высокие показатели площади листовой поверхности растений травосмеси также наблюдались на варианте 3. Несколько ниже эти значения были на варианте 2. В связи с более высокой засорённостью посевов травосмеси шестого года жизни на варианте 3 чистая продуктивность фотосинтеза к концу периода вегетации была более низкой и составила $4,7 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут}$.

Таблица 2. Фотосинтетическая деятельность травосмеси «эспарцет + пырей + коострец» третьего года жизни в условиях второй секции золоотвала Новочеркасской ГРЭС.

Месяц	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² /га · дн.	Накопление сухой массы, т/га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² · сут.	Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %
Вариант 1 – без удобрений (контроль)						
Апрель	6,7	163	0,26	0,91	5,5	-
Май	15,2	345,8	0,43	4,1	6,4	-
Июнь	18,5	508,7	0,85	7,2	9,7	-
Июль	24,4	683,3	1,16	5,6	11,2	-
Август	19,7	702,4	0,83	4,9	7,2	-
Сентябрь	15,6	523,3	0,57	4,6	8,6	-
За период вегетации	-	2926,5	4,1	4,6	48,6	0,9
Вариант 2 – расчётная доза удобрений (1,0Д_{м.у.})						
Апрель	10,2	239,6	0,42	1,16	5,5	-
Май	21,8	494,1	0,61	6,6	6,4	-
Июнь	25,9	721,7	1,28	8,1	9,7	-
Июль	32,3	898,4	1,96	7,6	11,2	-
Август	24,6	875,9	1,42	7,4	7,2	-
Сентябрь	19,5	658,5	0,81	6,5	8,6	-
За период вегетации	-	3888,2	6,5	6,2	48,6	1,04
Вариант 3 – превышение расчётной дозы минеральных удобрений на 30 % (1,3Д_{м.у.})						
Апрель	11,6	318,5	0,51	1,24	5,5	-
Май	24,9	557,8	0,96	7,2	6,4	-
Июнь	29,6	810,5	1,73	7,9	9,7	-
Июль	38,2	1069,2	2,6	8,6	11,2	-
Август	28,1	999,5	1,64	8,1	7,2	-
Сентябрь	23,1	773,7	1,26	4,4	8,6	-
За период вегетации	-	4529,2	8,7	6,2	48,6	1,4

Максимальное значение ($6,1 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут.}$) было зафиксировано на варианте 2, а на варианте 1 этот показатель составлял $4,9 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут.}$ Однако в среднем за вегетацию наиболее высокое значение чистой продуктивности фотосинтеза было отмечено на варианте 3.

За период вегетации приход ФАР составил $48,6 \text{ ккал/см}^2$. Однако использование ФАР посевами травосмеси было различным. Наиболее высокое значение коэффициента использования ФАР наблюдалось на варианте 3 (1,48 %), несколько ниже на варианте 2 (1,19 %), а более низкое на варианте 1 (0,98 %).

Аналогичная ситуация отмечалась и с показателями фотосинтетического потенциала.

Максимальное значение в среднем за вегетацию было отмечено на варианте 3 ($4760,4 \text{ тыс. м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.}$), на варианте 2 фотосинтетический потенциал составил $4077,4 \text{ тыс. м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.}$, а более низкое его значение было зафиксировано на варианте 1 – $3131,3 \text{ тыс. м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.}$

Таблица 3. Фотосинтетическая деятельность травосмеси «эспарцет + пырей + коострец» шестого года жизни в условиях второй секции золоотвала Новочеркасской ГРЭС.

Месяц	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² /га · дн.	Накопление сухой массы, т/га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² · сут.	Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %
Вариант 1 – без удобрений (контроль)						
Апрель	7,4	180,0	0,31	1,0	5,5	-
Май	16,3	370,8	0,36	4,4	6,4	-
Июнь	19,8	544,4	1,21	7,7	9,7	-
Июль	25,6	716,9	1,67	5,9	11,2	-
Август	21,1	752,3	0,71	5,2	7,2	-
Сентябрь	16,9	566,9	0,54	4,9	8,6	-
За период вегетации	-	3131,3	4,8	4,9	48,6	0,98
Вариант 2 – расчётная доза удобрений (1,0Д_{м.у.})						
Апрель	10,9	256,0	0,53	1,42	5,5	-
Май	22,1	500,8	0,92	5,9	6,4	-
Июнь	26,3	732,8	1,32	10,4	9,7	-
Июль	33,8	940,1	2,12	7,7	11,2	-
Август	25,6	911,5	1,54	6,2	7,2	-
Сентябрь	21,8	736,2	1,07	6,1	8,6	-
За период вегетации	-	4077,4	7,5	6,3	48,6	1,19
Вариант 3 – превышение расчётной дозы минеральных удобрений на 30 % (1,3Д_{м.у.})						
Апрель	12,4	340,5	0,62	1,32	5,5	-
Май	26,2	586,9	1,1	7,6	6,4	-
Июнь	30,1	824,1	1,84	8,0	9,7	-
Июль	39,7	1111,2	2,78	8,9	11,2	-
Август	30,0	1067,1	1,8	8,6	7,2	-
Сентябрь	24,8	830,6	1,46	4,7	8,6	-
За период вегетации	-	4760,4	9,6	6,5	48,6	1,48

Выводы

В результате проведённых исследований была установлена зависимость между питательным режимом на фоне естественной влагообеспеченности и показателями фотосинтетической деятельности. Внесение минеральных удобрений положительно влияет на фотосинтетическую деятельность посевов травосмеси «эспарцет + пырей + кострец» при естественной влагообеспеченности в условиях золоотвала. Посевы травосмеси на контрольном варианте без внесения удобрений (вариант 1) имели более низкую производительность – 1,73 (в 2004 г.); 4,6 (в 2006 г.) и 4,9 г/м² · сут. (в 2009 г.). При внесении расчётной дозы минеральных удобрений (вариант 2) производительность посевов увеличивалась на 2,07 (в 2004 г.); 1,6 (в 2006 г.) и 1,4 г/м² · сут. (в 2009 г.) по сравнению с контролем. Наиболее высокие показатели чистой продуктивности фотосинтеза во все годы исследований были отмечены на варианте 3 с улучшенным питательным режимом: на 3,57 (в 2004 г.); 1,6 (в 2006 г.) и 1,6 г/м² · сут. (в 2009 г.) по сравнению с контролем.

1. **Ясониди О.Е., Иванова Н.А., Гостищев В.Д.** Фотосинтез с элементами математического программирования урожайности сельскохозяйственных культур / под ред. О.Е. Ясониди. Новочеркасск, 2007. 52 с.
Yasonidi O.E., Ivanova N.A., Gostishchev V.D. Fotosintez s elementami matematicheskogo programmirovaniya urozhaynosti sel'skokozyaystvennykh kul'tur [Photosynthesis with the elements of mathematical programming of agricultural crops yields]. / Ed. O.E.Yasonidi. Novocherkassk, 2007. 52 p.
2. **Ничипорович А.А.** Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 136 с.
Nichiporovich A.A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rasteniy v posevakh [Photosynthetic activity of plants in crops]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1961. 136 p.

НИМИ им. А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО «Донской ГАУ»

Поступила 21.09.2016

УДК 631.618 (471.61)

О ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРАВΟΣМЕСИ НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННОМ ЗОЛОТВАЛЕ

И.В. Гурина, П.А. Михеев

НИМИ им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской ГАУ»

Приведены результаты исследований фотосинтетической деятельности посевов травосмеси на рекультивируемом золоотвале. Внесение минеральных удобрений положительно влияет на фотосинтетическую деятельность посевов травосмеси «эспарцет + пырей + кострец» при естественной влагообеспеченности в условиях золоотвала. Посевы травосмеси на контрольном варианте без внесения удобрений (вариант 1) имели более низкую производительность – 1,73 (в 2004 г.); 4,6 (в 2006 г.) и 4,9 г/м² · сут. (в 2009 г.). При внесении расчётной дозы минеральных удобрений (вариант 2) производительность посевов увеличивалась на 2,07 (в 2004 г.); 1,6 (в 2006 г.) и 1,4 г/м² · сут. (в 2009 г.) по сравнению с контролем. Наиболее высокие показатели чистой продуктивности фотосинтеза во все годы исследований были отмечены на варианте 3 с улучшенным питательным режимом: на 3,57 (в 2004 г.); 1,6 (в 2006 г.) и 1,6 г/м² · сут. (в 2009 г.) по сравнению с контролем.

Ключевые слова: фотосинтез, золоотвал, травосмесь, минеральные удобрения, показатели фотосинтетической деятельности, рекультивация.

UDC 631.618 (471.61)

ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF GRASS MIXTURE ON RECULTIVATED ASH DUMP SECTION

I.V. Gurina, P. A. Mikheev

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University

The study presents research findings on photosynthetic activity of crop mixture on the recultivated ash dump section. Application of mineral fertilizers causes positive effect on photosynthetic activity of sown «esparcet + couch grass + meadow brome» mixture in conditions of dump natural water supply. The mixed crops in check (no fertilizers, 1st variant) had smaller yields (1.73 g/m² day in 2004; 4.6 g/m² day in 2006 and 4,9 g/m² day in 2009). On application of a predicted dose of mineral fertilizer (2nd variant) the crop production has increased by 2.07 g/m² day in 2004; by 1.6 g/m² day greater in 2006 and by 1.4 g/m² day greater in 2009 (as compared to no treatment). The greatest values of net photosynthetic productivity over the whole trial period were characteristic of the 3rd variant with improved nutrition: by 3/57 g/m² day in 2004; by 1.6 g/m² day in 2006 and by 1.6 g/m² day in 2009 (in comparison to check).

Key words: photosynthesis, ash dump, grass mixture, mineral fertilizers, photosynthetic activity values, recultivation