

УДК 542.1:581.121

НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ СЛОНОВОЙ ТРАВЫ (*Pennisetum purpureum* Schum.) ЗА ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Е.В. МАМОНОВ

(Кафедра селекции и семеноводства плодовых и овощных культур)

При исследовании роста и накопления биомассы слоновой травой (*Pennisetum purpureum* Schum.) за вегетационный период отмечены 4 периода роста и дана их характеристика. Максимальная эффективность использования солнечной энергии растениями наступает через 65—70 дней вегетации, т.е. после кущения. В 70—90-дневном возрасте растений коэффициент фотосинтетической продуктивности составлял 9,5%. Средний коэффициент фотосинтетической продуктивности за 140 дней вегетации слоновой травы составил 2,05%.

Известно, что около 95% получаемой в настоящее время энергии вырабатывается за счет ископаемых ресурсов — угля, нефти и газа [5], сжигание которых в возрастающих количествах привело к тому, что в течение последних десятилетий наблюдается неуклонное повышение содержания CO_2 в атмосфере, что может вызвать перегрев поверхности Земли в результате тепличного эффекта [4]. При этом атмосфера загрязняется окислами азота, серы и другими вредными отходами, что наносит громадный вред экологическому равновесию в природе.

В решении проблемы охраны природы важное значение отводится рациональному использо-

ванию природных биологических ресурсов и поиску эффективных способов их воспроизводства и увеличения. В этой области исследователи все больше внимания уделяют вопросу более полного использования солнечной радиации как практически неиссякаемого источника энергии. Это становится тем более понятным, если учесть прогрессирующее истощение естественных углеродсодержащих ископаемых, постоянно возрастающую дороговизну их добычи и транспортировки, а также способность загрязнять окружающую среду сопутствующими продуктами (углекислотой, серным и азотистым ангидридами и др.) [2].

Солнечная радиация не только

неисчерпаемый, но и экологически чистый источник энергии. При его использовании практически нет вредных выбросов и не происходит дополнительного нагрева земли.

В настоящее время в индустриально развитых странах развернут поиск путей более эффективного использования солнечной энергии. Среди известных уже методов можно выделить 4 основные их группы: теплотехнические, фотоэлектрические, химические и биологические.

С помощью биологического, или фотосинтетического, метода зеленые растения уже миллионы лет превращают световую энергию в энергию химических связей молекул органических веществ. Процесс фотосинтеза — это наиболее древний и самый распространенный на земле способ использования неисчерпаемой энергии солнца. Существуют и различные методы превращения биомассы, сформированной в процессе фотосинтеза, в удобную для человека форму энергии: сжигание растительной массы (древесины, соломы и т.п.), пиролиз, или термическое расщепление, органического вещества. В последнем случае молекулы целлюлозы трансформируются в молекулы горючих газов или жидкостей (например, спиртов) путем минерального или ферментативного гидролиза.

По данным ряда авторов [3, 6—8, 10], виды растений заметно различаются по ежегодной продуктивности и энергетическому эквиваленту, получаемым с единицы поверхности. Существуют также

различия этих показателей и в пределах одного вида в зависимости от потенциальной продуктивности сорта, применяемой агротехники и почвенно-климатических условий.

На современном этапе задача заключается в том, чтобы научиться максимально повышать продуктивность фотосинтеза как источника аккумуляции солнечной энергии. Расчеты показывают, что значение этого показателя в большинстве случаев пока остается незначительным — 1,0—1,5%. Вместе с тем имеются данные, что при общем урожае кукурузы 180 ц/га ежедневный прирост биомассы в штате Айова достигал в среднем 14 г/м² в течение сезона. При особо благоприятных метеорологических условиях сорго, сахарный тростник, кукуруза и просо могут накапливать в расчете на 1 м² до 50 г сухого вещества в день, что примерно равняется трансформации 3% падающей энергии. Более того, в лабораторных условиях, где создаются наиболее благоприятные условия для использования энергии растениями (оптимизация минерального питания, соответствующие температурный, световой и водный режимы), можно получить максимальную продуктивность использования солнечной энергии, достигающую 25% [9]. Создание таких условий для индустриальной культуры одноклеточных водорослей (*Chlorella*, *Scenedesmus*) представляется вполне реальным. Кроме того, удалось выделить расу микроскопических водорослей, накапливающих до 70 г сухого вещества в день на

1 м². Отсюда вытекает, что следует стремиться ликвидировать разрыв между слабой продуктивностью высших растений в природе и высокой эффективностью фотонакопления солнечной энергии в лабораторных условиях.

Таким образом, в настоящее время актуальными задачами являются поиск видов и сортов растений с высокой потенциальной продуктивностью и разработка оптимальных условий их культивирования для повышения эффективности трансформации энергии солнца по биологическому принципу. Перспективным здесь может быть использование многолетнего злакового растения *Pennisetum purpureum* Schum., извест-

ного как слоновая трава и широко используемого в качестве кормовой культуры [1].

Задача настоящих исследований заключалась в изучении динамики накопления биомассы и оценке эффективности использования солнечной энергии массивом слоновой травы в различные периоды роста и развития растений [1] в тропической зоне Конго.

Методика

Местность, где проводились полевые и лабораторные исследования, характеризуется следующими климатическими показате-

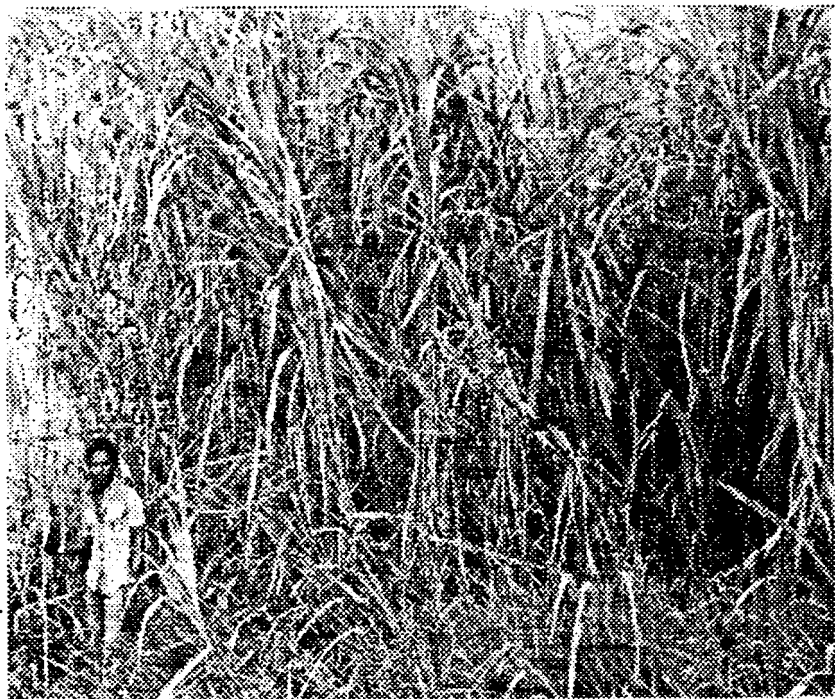


Рис. 1. Слоновая трава в период максимального роста.

лями: годовое количество осадков — 1500—1600 мм и выпадают они с октября по май (сезон дождей); продолжительный засушливый период — июнь — сентябрь (сухой сезон); средняя годовая температура воздуха 25—26°С; влажность 78—83%.

Слоновую траву высаживали в начале дождливого сезона черенками с 3 узлами по схеме 70 x 70 см. Повторность полевого опыта — 3-кратная, площадь учетной делянки — 100 м².

После появления всходов систематически, каждые 10—12 дней, проводили биометрические и фенологические наблюдения за ростом и развитием растений. Учитывали фенофазу, высоту растений, диаметр куста, площадь фотосинтетического аппарата, облиственность, число побегов и фотопродуктивность по накоплено надземной биомассы растений.

Данные о количестве солнечной радиации, приходящейся на единицу поверхности в зоне исследований, полученные с помощью пиранометра Линке, были любезно предоставлены нам доцентом кафедры физики Бразавильского университета Р.Дыгроларом. При расчетах принимали, что в 1 кг абсолютно сухого вещества аккумулируется 4200 ккал энергии [9].

Результаты

В течение вегетации рост растений в высоту был неравномерным (рис. 2). В первый период он оказался относительно медленным: 60 см за 30 дней. В это время растения интенсивно кустились, об-

разу от 8 до 11 побегов, в результате чего диаметр куста заметно увеличивался. Затем ростовые процессы усиливались, а интенсивность кущения несколько снижалась.

Во второй период, который длился 40—45 дней, высота растений увеличилась на 170 см и достигла 2,7 м. Наиболее интен-

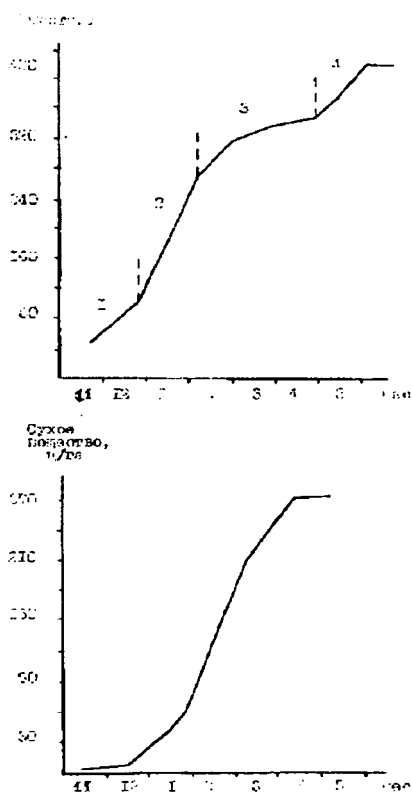


Рис. 2. Динамика роста слоновой травы в высоту (вверху) в разные периоды роста (от 1-го до 4-го) и накопление сухого вещества слоновой травой в течение вегетационного периода (внизу).

сивный рост приходился на 7-ю декаду, в течение которой высота растений увеличилась на 42 см.

Третий период характеризовался замедлением роста растений в высоту и наиболее выраженным процессом аккумуляции органического вещества надземной массой. Прирост за 80 дней составил всего 80 см, однако именно в этот период сформировалось 78,3% урожая биомассы (рис. 1).

Расчеты показали, что в указанный период прирост сухого веществ-

тва за 1 день достигал 31,7 г/м² (таблица). Максимальный прирост приходился на 8—9-ю декады от начала вегетации. Чистая продуктивность фотосинтеза за 1 день составляла в это время более 40 г на 1 м².

Анализ полученных данных свидетельствует, что накопление органического вещества в третий период роста происходит в основном благодаря значительному нарастанию продуктивности фотосинтеза.

Динамика накопления сухого вещества и энергии* сеновой травой.
в период вегетации

День вегетации	Приросты в период вегетации			Накопление энергии, ккал/га·10 ⁵
	сухая масса, ц/га	энергия, ккал/га·10 ⁵	сухое вещество, г/м ² в день	
30-й	4,8	20,2	1,6	20,2
50-й	18,2	76,4	9,1	96,6
60-й	13,6	57,1	13,6	153,7
70-й	24,3	102,0	24,3	255,8
90-й	80,6	338,5	40,3	594,3
110-й	68,8	289,0	34,4	883,3
140-й	72,6	305,0	24,1	1188,2
170-й	0,5	2,1	0,1	1190,3

* Из расчета 4200 ккал на 1 кг сухого вещества.

Следует обратить внимание на почти полное прекращение ростовых процессов в период со 130-го по 160-й день вегетации. За 30 дней этого периода высота растений увеличилась лишь на 10—12 см. Снижение интенсивности роста вызвано переходом растений к следующей фазе развития — колошению — и связано с глубокой внутренней перестройкой организма, подготовкой к генеративной фазе.

Четвертый период роста, совпадающий по времени с фенологи-

ческими фазами колошения и цветения, характеризуется возобновлением ростовых процессов, в результате чего высота растений увеличивалась и достигала максимального уровня — 450 см. Однако, несмотря на интенсификацию роста и процессы формирования генеративных органов, заметного прироста биомассы в этот период не произошло, так как одновременно наблюдалось усиление усыхания и опадения листьев. Отмирание нижних листьев начиналось в марте и в дальней-

нем усиливалось с возрастом растений. Так, 1 марта часть стебля, лишённая листьев, составляла 40 см, через 40 дней — 150, через 70 дней — 230, а в конце вегетации — более 300 см.

После образования соцветий рост практически прекращается и высота растений не изменяется. Таким образом, между скоростью роста и накоплением биомассы надземной части тесная прямая коррелятивная зависимость отсутствует. Сбор сухой массы зависит не только от интенсивности ростовых процессов, но и от эффективности фотосинтеза и синтетической направленности метаболических процессов.

Расчеты показали, что максимальное количество солнечной энергии, запасенной в надземной биомассе растений слоновой травы, приходилось на 140-й день вегетации и было равно $11,9 \cdot 10^7$ ккал/га. Средний коэффициент эффективности фотосинтеза растений слоновой травы за 140 дней вегетации составил 2,05%.

Вместе с тем продуктивность фотосинтеза была неодинаковой на разных этапах роста и развития растений (рис. 3). Так, минимальные значения коэффициента фотосинтетической продуктивности растений отмечены: в первый период вегетации, когда ассимиляционный аппарат еще недостаточно сформирован, и в фазу созревания семян, когда интенсивно идут процессы деструкции зеленых пигментов и дезактивации фотосинтетических центров, электронтранспортных цепей и энзиматических систем, фиксирующих солнечную энергию и CO_2 воздуха.

Максимальная эффективность использования солнечной энергии растения отмечалась на 65—70-й день вегетации, т.е. после кушения и периода интенсивного роста. Например, в 70—90-дневном возрасте растений коэффициент фотосинтетической продуктивности составлял 9,5%. В последующие 20 дней продуктивность фотосинтеза снизилась до 4,3%. Отметим, что среднее значение коэффициента использования солнечной энергии слоновой травой за 40-дневный период интенсивного накопления биомассы составило 6,9%, что сопоставимо со значениями, полученными голландскими

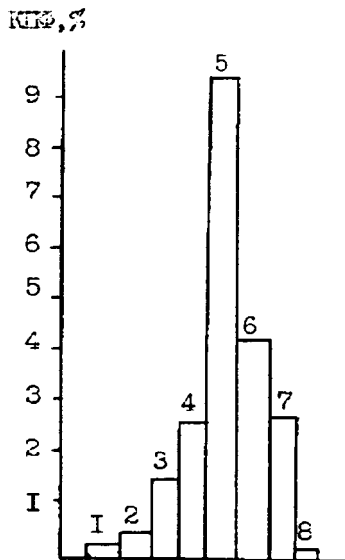


Рис. 3. Изменение коэффициента продуктивности фотосинтеза слоновой травы в разные сроки вегетации (от 1-го до 8-го).

1 — за 25 дней, 2 — 20, 3 — 10, 4 — 10, 5 — 20, 6 — 20, 7 — 30, 8 — за 30 дней.

ми учеными в опытах с сахарной свеклой [10].

Последующие наши наблюдения за скоростью послужоного отрастания и накопления биомассы слоновой травой свидетельствуют о возможном достижении более высокого значения коэффициента фотосинтетической продуктивности и получении урожая сухой биомассы 40—50 т/га. Кроме того, следует учесть, что вегетация растений длится 120—140 дней. Это позволяет получать 2—3 урожая в год. В целом годовая продуктивность слоновой травы может составить 80—100 т сухой биомассы на 1 га.

Таким образом, результаты наших исследований позволяют считать этот вид растений одним из перспективных, используемых с целью создания высокоэффективных фотосистем улавливания, превращения и консервирования солнечной энергии.

Выводы

1. Коэффициент фотосинтетической продуктивности слоновой травы за 140 дней вегетации составил в среднем 2,05%. Максимального значения (9,5%) этот показатель достигал у растений в 70—90-дневном возрасте.

2. Период резкого замедления ростовых процессов у растений вида *Pennisetum purpureum* Schum. отмечен на восходящем участке типичной S-образной кривой роста перед переходом растений в генеративную фазу.

3. Возможность получать в год до 80—100 т сухой биомассы на 1 га позволяет считать слоновую траву одним из наиболее перспек-

тивных видов, используемых для создания высокоэффективных фотосистем улавливания, превращения и сохранения солнечной энергии по биологическому принципу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белюченко И.С. Злаковые кормовые растения тропического пояса. М.: Изд-во УДН, 1970. — 2. Лауров С.Б. Экологические проблемы в капиталистических странах. М.: Знание, 1978. — 3. Ничипорович А.А., Строганова Л.Е., Чмора С.Н., Власова М.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. — М.: АН СССР, 1961. — 4. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений как основа их продуктивности в биосфере и земледелии. — В кн.: Фотосинтез и продукционный процесс. М.: Наука, 1988, с. 5—28. — 5. Федоров Е.К. Экологический кризис и социальный прогресс. Л.: Гидрометеониздат, 1977. — 6. Шатилов И.С., Замараев А.Г., Чаповская Г.В. Фотосинтетическая деятельность зерновых в интенсивном севообороте Центрального Нечерноземья. — В кн.: Фотосинтез и продукционный процесс. М.: Наука, 1988, с. 176—187. — 7. Шатилов И.С., Ларин Л.Г., Шаров А.Ф. Изменение интенсивности и продуктивности видимого фотосинтеза зерновых культур под влиянием облачности. — Изв. ТСХА, 1990, вып. 1, с. 18—26. — 8. Шатилов И.С., Силин А.Д., Шаров А.Ф., Полев Н.А., Юрашев В.В. Математические модели процессов фотосинтетической деятельности и минерального питания овса. —

Изв. ТСХА, 1996, вып. 3, с. 3—15. — 9. *Alich I.A., Hinman R.* Effective utilization of solar energy to produce clean fuel. — Report to the Nat. Sci. Found. Menlo Park, Cali-

fornia, Standford Research Institute. 1974. — 10. *Duvigneaud P.* La synthese ecologique, Paris, DOIN-editeurs, 1974.

Статья поступила 10 февраля
1997 г.

SUMMARY

As a result of investigating growth and accumulation of biomass by Napier grass (*Pennisetum purpureum Schum.*) during growing period, 4 periods of growth have been noted and their characteristic is given. Maximum efficiency of using solar energy by plants occurs within 65—70 days of vegetation, that is after tillering. At the age of 70—90 days the coefficient of photosynthetic productivity of plants was 9.5%. Average coefficient of photosynthetic productivity in Napier grass for 140 days of vegetation is 2.05%.