

Факторы, влияющие на процесс накопления энергии при фотосинтезе

И.Г. Поспелова, Г.А. Кораблев, В.Н. Костылев

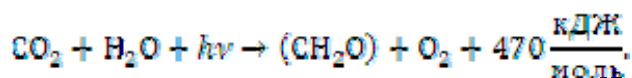
Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, Ижевск

Аннотация: В данной работе рассматриваются факторы, влияющие на процесс накопления энергии при фотосинтезе. Изучив которые, можно будет использовать их, и лавировать ими для достижения еще большего результата поглощения и связывания огромного количества солнечной лучистой энергии биомассой.

Ключевые слова: Лучистая энергия солнца, фотосинтез, биомасса, квант света, скорость и интенсивность.

Лучистая энергия солнца – является основным источником энергии на Земле. По сравнению с ней энергия, получаемая землей от других источников, ничтожна. Биомасса запасает лучистую энергию солнца в химическую, и сохраняет ее в веществах с помощью фотосинтеза[1-5].

Суммарное уравнение фотосинтеза имеет вид [6]



Где $h\nu$ - энергия кванта света, $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ - часть молекулы углевода. При фотореакции, связанной с разложением воды, выделяется энергия 470 кДж/моль. Изменение свободной энергии в процессе фотосинтеза при образовании одной молекулы O_2 составляет около 500 кДж/моль, на что затрачивается 8 квантов света с суммарной энергией примерно 1470 кДж/моль. Тем самым коэффициент использования солнечной энергии равен $500/1470=0,34$. Выделение 470 кДж/моль энергии следует из баланса:

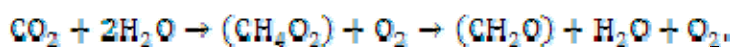
Энергия двух связей C=O в CO_2	798×2=1596
Энергия двух связей O-H в H_2O	462 × 2=924
Итого	2520
Энергия связи O=O в O_2	487
Энергия двух связей C-H в формальдегиде CH_2O	86×2=772

Энергия связи C=O в CH ₂ O	798
---------------------------------------	-----

Итого	2057
-------	------

$$2520-2057=463 \text{ кДж/моль}$$

То же самое количество энергии выделяется из окислительно-восстановительного потенциала пары $1/2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$, то есть +0,81 эВ, и пары $\text{CO}_2/\text{CH}_2\text{O}+\text{H}_2\text{O}$, то есть -0,40 эВ. Итого в сумме 1,21 эВ. В ходе фотосинтеза для восстановления CO_2 до уровня углевода нужно перенести 4 атома водорода с H_2O на CO_2 :



Баланс энергии: $1,21 \cdot 4=4,84 \text{ эВ} \equiv 470 \text{ кДж/моль}$.

Фотосинтез можно определить, как процесс фотоиндуцированного электронного транспорта, конечным результатом которого является усвоение CO_2 . Скорость фотосинтеза зависит от интенсивности падающего света I . Грубо говоря, скорость образования некоего субстрата пропорциональна числу поглощенных квантов [6].

Скорость фотосинтеза можно представить эмпирической формулой

$$v = \frac{\left(\frac{k_E}{n} \right) EI}{K + I}$$

где k_E – константа скорости ферментативной реакции, n – молекулы субстрата $n \approx \delta$, E – концентрация фермента.

Скорость фотосинтеза v зависит от температуры. При большой интенсивности падающего света $I \gg T$ наступает насыщение, $v_{\max} = k_E E / n$. Константа скорости ферментативной реакции k_E находится измерением зависимости выхода молекулы кислорода O_2 от продолжительности интервалов времени между вспышками t_d при импульсном освещении. В среднем, время превращения одной молекулы

субстрата, составляет около 0,02 с. Иными словами, $k_E=1/0,02=50 \text{ с}^{-1}$. Концентрация $E=[Ch]/300$, $[Ch]$ – концентрация хлорофилла. Получаем $v_{max}=50[Ch]/n \cdot 300 \approx 0,02[Ch] \text{ с}^{-1}$. Наибольшая скорость протекания фотосинтеза при постоянном освещении равна одной молекуле кислорода O_2 на молекулу хлорофилла за 50 с [5, 6].

Скорость протекания фотосинтеза в зеленых растениях также может выражаться в следующих единицах: в миллиграммах CO_2 , ассимилированного 1 dm^2 листа за 1 ч; в миллилитрах O_2 , выделенного 1 dm^2 листа за 1 ч; в миллиграммах сухого вещества, накопленного 1 dm^2 листа за 1 ч [7-10].

Интенсивность фотосинтеза зависит от многих факторов и при различных условиях протекает с разной скоростью. Так, например, интенсивность фотосинтеза зависит от фазы развития растения, и максимальная интенсивность наблюдается в фазе цветения.

Проанализировав результаты исследований, можно утверждать, что на скорость или интенсивность фотосинтеза влияют как внешние факторы, так и внутренние. К внешним факторам относят: интенсивность света, температуру, содержание CO_2 и O_2 в воздухе, снабжение водой (влажность), снабжение кислородом, минеральное питание. К внутренним факторам относят: отток ассимилянтов, содержание хлорофилла, возраст листа, степень открытости устьиц [10].

Как уже было отмечено, в естественной природе происходит сложное взаимодействие всех как внешних, так и внутренних факторов. В связи с этим протекание фотосинтеза в течение суток так же неустойчиво и подвержено значительным изменениям. При средней дневной температуре и достаточной влажности суточный процесс фотосинтеза примерно соответствует изменению интенсивности солнечной активности. Утром с

восходом солнца фотосинтез начинается, достигает максимума в полуденные часы, к вечеру постепенно снижается и прекращается с заходом солнца[10].

В естественной природе все факторы взаимодействуют друг с другом, и действие одного фактора зависит от интенсивности всех остальных. Поэтому изменение интенсивности одного фактора при неизменности других влияет на фотосинтез, начиная от минимума, при котором процесс начинается, и кончая оптимумом, при достижении которого процесс перестает изменяться. Чаще всего увеличение интенсивности фактора после определенного уровня приводит даже к замедлению процесса. Однако если начать изменять какой-либо другой фактор, то оптимальное значение интенсивности первого фактора меняется в сторону увеличения. Скорость процесса фотосинтеза зависит в первую очередь от интенсивности того фактора, который находится в минимуме. Для примера можно привести взаимодействие таких факторов, как интенсивность света I и содержание углекислого газа CO_2 . В [9, 10] было обнаружено, что при повышенном (в определенных пределах) содержании в воздухе углекислого газа фотосинтез перестаёт возрастать при увеличении интенсивности света.

Эффективность процесса фотосинтеза в естественных условиях очень мала. Для ее повышения очень важно уменьшение затрат солнечной энергии на процесс испарения воды растением. В этой связи регуляция водного обмена растений возможна путем сокращения испарения воды растением, в частности, улучшением условий корневого питания[10].

Исходя из выше изложенного, можно сделать вывод, что в процессе фотосинтеза играют важную роль все факторы, как внешние, так и внутренние, например, процессы роста и развития, дыхания, водного и минерального питания и т.д. Изучив влияние каждого, позволит корректировать эффективность процесса фотосинтеза в большую сторону для запаса энергии в биомассе.

Литература

1. Касьянов А.С. Энергетический потенциал соломы как биотоплива // Инженерный вестник Дона, 2014, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2225/.
2. Korablyov, G.A. Energy Criteria of Photosynthesis / G.A. Korablyov, G.E. Zaikov // Progress in Chemistry and Biochemistry, kinetics, Thermodynamics, Synthesis, Properties and Applications: Festschrift in Honor of the 75th Birthday of Professor Gennady E. Zaikov. – New York, 2009. – Volume 3. – pp. 377-392.
3. Кораблев Г.А., Поспелова И.Г. Биотехнология и энергетика фотосинтеза // Инженерный вестник Дона, 2014, № 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2429/.
4. Korablev G.A. Spatial-Energy Principles of Complex Structures Formation, Netherlands, Brill Academic Publishers and VSP, 2005, 426 p. (Monograph).
5. Korablev G.A., Zaikov G.E. Energy of chemical bond and spatial-energy principles of hybridization of atom orbitals // Journal of Applied Polymer Science. USA, 2006, V.101, №3, pp. 2101-2107.
6. Волькенштейн М.В. Биофизика: Учебное пособие. 3-е изд., стер. – СПб: Издательство «Лань», 2008. – 608 с.: ил.
7. Клейтон Р. Фотосинтез. Физические механизмы и химические модели // М.: Мир, 1984. – 350 с.
8. Фотосинтез / Под ред. Говинжи. т.1-1987, 728 с; Т.2-1987. – М.: Мир. 460 с.
9. Эдвардс Дж., Уокер Д. Фотосинтез С3 и С4-растений: Механизмы и регуляция // М.: 1986. – 134 с.
10. Фотосинтез URL: do.gendocs.ru/docs/index-63065/html.

References

1. Kas'yanov A.S. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2225/.
-



2. Korablyov, G.A., Zaikov G.E. Progress in Chemistry and Biochemistry, kinetics, Thermodynamics, Synthesis, Properties and Applications: Festschrift in Honor of the 75th Birthday of Professor Gennady E. Zaikov. New York, 2009. Volume 3. pp. 377-392.
3. Korablev G.A., Pospelova I.G. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, № 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2429/.
4. Korablev G.A. Spatial-Energy Principles of Complex Structures Formation, Netherlands, Brill Academic Publishers and VSP, 2005. 426 p.
5. Korablev G.A., Zaikov G.E. Journal of Applied Polymer Science. USA, 2006, V.101, №3, pp. 2101-2107.
6. Vol'kenshteyn M.V. Biofizika [Biophysics]: Uchebnoe posobie. 3-e izd., ster. SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2008. 608 p.: il.
7. Kleyton R. Fotosintez. Fizicheskie mekhanizmy I khimicheskie modeli [Photosynthesis. The physical and chemical mechanisms model]. M.: Mir, 1984. 350p.
8. Fotosintez [Photosynthesis]. Pod red. Govinzhi. M.:Mir. T.1-1987, 728 p; T.2-1987. 460 p.
9. Edvard Dzh., Uoker D. Fotosintez S3 i S4-rasteniy: Mekhanizmy I regulyatsiya [Photosynthesis C3 and C4 plants: Mechanisms and regulation]. M.: 1986. 134 p.
10. Fotosintez. [Photosynthesis] URL: do.gendocs.ru/docs/index-63065/html.