

УДК 536(075.8)

ПОЛЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ

Драганов Б.Х., доктор технических наук

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Г. Обороны, 15, Киев, 03041, Украина

Наведено метод фотометричного опису листка і радіаційного режиму рослин у тіньовій і сонячній областях. Досліджено виробництво ентропії в процесі фотосинтезу, ієрархічність самоорганізації систем.

Приведен метод фотометричного описания листа и радиационного режима растений в теневой и солнечной областях. Исследованы производство энтропии в процессе фотосинтеза, иерархичность самоорганизации систем.

Shows a method for photometric description of leaf and the radiation regime plants in shady and sunny areas. Studied entropy production in photosynthesis, hierarchical self-organizing systems.

Растительный покров представляет собой совокупность неоднородных и изменяющихся во времени частей, поэтому фотометрический анализ должен опираться на математико-статистический метод. Отметим ряд работ, посвященных фотометрии.

Кинрсон и Фрич [1] использовали метод статистической выборки для исследования характеристики хвойных лесов. В модели Саэки и Куройва [2] учитывается влияние части растений на функцию распределения листовой поверхности по высоте растения.

В методе Удагавы [3] вертикальное описание листовой поверхности в почве кукурузы определяется при помощи функции, имеющей вид кубической параболы. В работах [4, 5] выполнен анализ структуры распределения листьев по высоте стебля. На основе этих исследований получены соответствующие расчетные зависимости.

Радиационный режим растительного покрова (РП) формируется вследствие ряда факторов: интенсивности лучистой энергии солнечной радиации; воздействия лучистой энергии на биологические процессы в растении; расположения элементов растений, их геометрических и оптических свойств. При моделировании радиационного поля следует принять во внимание:

- архитектура растительного покрова многообразна и изменяется в широких пределах. Элементы фитомассы имеют сложную фигуру, расположены своеобразно (не подчиняющие-

ся определенному геометрическому порядку и, вместе с тем, структуру нельзя считать хаотичной) и это затрудняет их математическое описание;

- на верхнюю границу РП падает как прямая, так и диффузионная радиация Солнца;

- для зеленой растительности характерен большой коэффициент поглощения в области фотосинтетической активной радиации (ФАР) и малый в области близкой к инфракрасной радиации (БИКР). Вследствие этого в формировании режима ФАР в РП первостепенное значение имеет архитектура растительного покрова – форма и размеры фитоэлементов, их размещение и ориентация, расположение растений в РП и т.д.

Методы математического моделирования режима радиационного покрова приведены в [6, 7]. В этих работах элементы растительности рассматриваются как поглощающие и рассеивающие частицы с заданными геометрическими и оптическими свойствами. Используется модель анизотропной среды, которая в достаточной степени точно отражает физическую картину РП.

При анализе радиационного поля в РП следует принимать во внимание все составляющие радиационного потока: прямого, рассеянного и отраженного.

Плотность потока прямой солнечной радиации в растительном покрове может изменяться в значительных пределах. В солнечных бликах она близка к полному значению S_0 над РП, а в области тени может быть принята равной нулю. Если

в первом приближении пренебречь полутенями, то можно рассматривать Солнце как точечный источник и анализируемый процесс может быть записан при помощи дельта-функции Дирака. В статистическом рассмотрении прямая солнечная радиация записывается в виде случайной функции $X_s(x)$, имеющей только два значения

$$X_s(x) = \begin{cases} 0, & \text{в теневой области;} \\ S_0(r_s), & \text{в солнечных бликах.} \end{cases} \quad (1)$$

Интенсивность рассеянной радиации зависит от высоты Солнца и количества рассеивающих элементов в атмосфере. Важной характеристикой рассеянной радиации, кроме спектрального состава, является ее угловое распределение, определяемое формой индикатрисы рассеяния и оптической толщиной атмосферы.

Среди оптических характеристик РП одной из наиболее существенных является альbedo [8]. Альbedo – величина, характеризующая способность поверхности какого-либо тела отражать (рассеивать) падающее на него излучение. Наряду с интегральным альbedo для всего потока излучения различают также альbedo монохроматическое и альbedo в различных областях спектра (ИК, видимое, УФ).

Небольшие изменения оптических свойств фитоэлементов в области БИКР могут вызвать заметные изменения альbedo РП в этой области спектра. В области ФАР альbedo густого РП небольшое (в пределах 0,03...0,07), в области ВИКР альbedo равно 0,4...0,5 и в области КВР – 0,23...0,27.

В области ФАР зависимость альbedo от ориентации листьев несущественна и ею можно пренебречь. В области БИКР и КНР влияние ориентации листьев существенно при больших и малых высотах Солнца альbedo практически не зависит от ориентации листьев.

На основе разработанной математической модели расчетом получены графики, выражающие зависимости показателей фотосинтеза от определяющих параметров в случае строгой согласованности спектра фотоактивности со спектром воздействующего света. Для квазимонохроматического излучения этому требованию отвечают системы с узкополосным поглощением.

При математическом моделировании радиа-

ционного поля в растительном покрове следует принимать во внимание следующие факторы:

- закономерность размещения растений на подстилающей поверхности и неоднородность размещения фитоэлементов в пределах объема растения;
- учет полутени, во многом обуславливающей неоднородность радиационного поля в растении;
- изменчивость во времени радиационного поля внутри РП.

Заслуживают внимания исследования, посвященные термодинамическому анализу эндоэргических процессов, которые позволили установить условия их эффективности по величине производства энтропии [10]. В настоящее время наиболее обоснованная концепция анализа биологических процессов основывается на подходе Пригожина [11].

Результаты исследований дают основание утверждать, что производство энтропии изменяется линейно от воздействующего параметра. В данном случае имеется ввиду поглощенная мощность излучения, а более точно, спектральная плотность поглощаемой мощности:

$$S_e + S_i = W_e / T, \quad (2)$$

где S_i – производство энтропии эндоэнергетических процессов, происходящих как в живых организмах, так и в технических устройствах; S_e – производство энтропии окружающей среды; W_e – мощность поглощенного излучения; T – температура.

Параметр S_i/S_e может служить характеристикой с целью совершенства процесса фотосинтеза.

Несомненный интерес представляет концепция, что обязательной особенностью синтеза генетической информации является иерархичность. Новый k -й уровень синтеза информации возникает на основе учета свойств элементов предыдущего уровня иерархии [10,12].

Иерархический ряд для энтропий как мера информации записывается в виде:

$$S_n = S_0 + S_{1|0} + S_{2|0,1} + \dots + S_{k|0,1,2,\dots,(k-1)} \quad (3)$$

где члены $S_{k|0,1,2,\dots,(k-1)}$ определяются на основе условных вероятностей, учитывающих синтез информации, относящейся к предыдущим ступеням иерархии.

Развитие в природе происходит на основе иерархии цепочки: случайность-условия-запоминание. Синонимом запоминания в природе служит устойчивость ее объектов и процессов. В результате происходит непрерывное развитие, в процессе которого энтропия растет, но иерархическими ступенями [13].

Случайности, приводящие к детерминизму, и есть главная причина реальности множественности жизни. Иерархичность самоорганизации систем означает, что сам хаос, само существование энтропии есть основа детерминизации запоминаемого объекта, т.е. синтезированной в нем информации.

Заключение

Эффективный метод анализа поля радиации солнечной энергии в покрове растений основывается на концепции термодинамики биологических процессов. Иерархичность самоорганизации систем означает, что значение производства энтропии служит характеристикой необратимости в живых средах. Иерархичность самоорганизации служит основой самоорганизации систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kinerson R., Fritshen L.J.* Modeling a coniferous forest canopy. // *Agric. Meteorol*, vol. 8, No. 6, 1971, P. 439-445.
2. *Saeki T., Kuroiwa S.* On the establishment of the vertical distribution of photosynthetic system in plant community // *Botanical Magazine (Tokyo)*, 1959, vol. 72, № 848. P. 27-35.
3. *Udagawa T. et. al.* Canopy structure of corn plant // *Photosynthesis and Utilization of Solar Energy. Level III.* 1968, P. 20-24.
4. *Horie T.* Vertical distribution of photosynthesis and Utilization of Solar Energy. Level III, 1970, P. 9-15.
5. *Росс Ю., Росс В.* Вертикальное распределение листовой поверхности в посевах. – В кн.: «Фотосинтетическая продуктивность растительного покрова». – Тартару, 1969. – С. 44-59.
6. *Росс Ю.* Математическое моделирование поля фотосинтетически активной радиации (ФАР) в растительном покрове. – В кн.: «Акцинометрия и оптика атмосферы». М.: Наука, 1964. – С. 251-256.
7. *Cowan I.R.* The interception and absorption of radiation in plant stands // *J. of Appl. Ecology*, 1968. – Vol. 5. – P. 367-379.
8. *Шифрин К.С.* К теории альбедо // *Труды ГГО*, 1953. – Вып. 39. - № 101. – С. 244-257.
9. *Warren Wilson J.* Influence of spatial arrangement of foliage area on light interception and pasture growth. – In/: *Proceedings of the 8-th International Grassland Congress*, 1961. – P. 275-279.
10. *Draganov B.H.* Entropy and dynamics of hierarchical systems in the analysis of the evolution of living structures // *Termotechnica*. – 2007. – Anul XI. №1/2 – P. 20-22.
11. *Пригожин И.* Современная термодинамика от тепловых двигателей до диссипативных структур/ И. Пригожин, Д. Канделупи // М.: Мир, 2002, – 461 с.
12. *Долинский А.А.* Энтропия эволюции живых существ // А.А. Долинский, Б.Х. Драганов // *Промышленная теплотехника*. – 2005. – Т. 27 – № 6 – С. 7-9.
13. *Prigogine I.*, 1969. Structure, dissipation and life. – In.: *Theoretical Physics and Biology*. North-Holland Publ. Co., P. 23-52.

Получено 07.05.2015

Received 07.05.2015