

УДК 575.3

Р.И. Садуллоев, доц., канд. физ.-мат. наук
(Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Таджикистан)

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЯ

Разработана имитационная модель роста и развития растения как результат взаимодействия четырех основных ростовых процессов: роста листовой массы, стебля, корней и репродуктивных органов. Система дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = e_1(t) \cdot \phi(N_i, \lambda_k) - \omega_1(N_1), \\ \frac{dN_2}{dt} = e_2(t) \cdot \phi(N_i, \lambda_k) - \omega_2(N_2), \\ \frac{dN_3}{dt} = e_3(t) \cdot \phi(N_i, \lambda_k) - \omega_3(N_3), \\ \frac{dN_4}{dt} = e_4(t) \cdot \phi(N_i, \lambda_k) - \omega_4(N_4), \end{cases} \quad (1)$$

где $N_i(t)$, $i=1, 2, 3, 4$ - соответственно биомассы листьев, стебля, корней и репродуктивных органов в момент времени t , $\phi(N_i, \lambda_k)$ - скорость образования биомассы в момент t (первичная продуктивность), представляющая собой разность между валовой продуктивностью (за счёт фотосинтеза) и расходом биомассы при дыхании, и зависящая от всех фазовых переменных N_i ($i=1, 2, 3, 4$) и параметров внешней среды λ_k ($k=1, 2, 3, 4, 5$). Параметры внешней среды: $\lambda_1(t)$ - интенсивность фотосинтетически активной радиации, $\lambda_2(t)$ - параметр, характеризующий водный режим растения, $\lambda_3(t)$ - концентрация CO_2 в воздухе, $\lambda_4(t)$ - температура окружающего воздуха, $\lambda_5(t)$ - количество азота в усвояемой для растения форме в почве, $\omega_i(N_i)$ - интенсивность отмирания i - того органа, $e_i(t)$ - доли новой биомассы, которые идут в листья, стебель корни и репродуктивные органы соответственно:

$$\sum_{i=1}^4 e_i(t) = 1, \quad e_i(t) \geq 0 \text{ при всех } t.$$

В модели вегетационный сезон растения разделяется на две части: до и после появления репродуктивных органов.

Для первой части вегетационного сезона рост растения задаётся первыми три уравнениями системы (1) с условиями $e_1(t) + e_2(t) + e_3(t) = 1$, $e_i(t) \geq 0$, $i=1, 2, 3$ при всех t .

Для определения функций $e_i(t)$, $i = 1, 2, 3$ на каждом шаге по времени решается вариационная задача, основанная на следующей гипотезе: новая биомасса распределяется по листьям, стеблю и корням растения таким образом, чтобы обеспечить максимальную скорость прироста общей биомассы растения в следующий момент времени при условии, что состояние среды не меняется.

Момент перехода с первой части во вторую часть вегетационного сезона определяется суммой эффективных температур.

Во второй части вегетационного сезона рост растения задаётся всеми четырьмя уравнениями системы (1) с условиями

$$\sum_{i=1}^4 e_i(t) = 1, \quad e_i(t) \geq 0 \text{ при всех } t.$$

Здесь для определения значения функций $e_i(t)$, $i = 1, 2, 3$, используется другая гипотеза: новая биомасса распределяется по листьям, стеблю, корням и репродуктивному органу таким образом, чтобы обеспечить максимальную биомассу репродуктивных органов в следующий момент времени при условии, что состояние среды не меняется и что относительный прирост репродуктивных органов не превосходит некоторой предельной величины. В противном случае прирост репродуктивного органа достигает указанной предельной величины, а оставшаяся часть ассимилятов распределяется по листьям, стеблю и корням в соответствии с предыдущей гипотезой.

Модель идентифицирована и верифицирована на примере хлопчатника. Полученные результаты незначительно отличались от экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарко А.М., Садуллоев Р.И. Математическая модель роста и развития хлопчатника с учётом азотного питания. // ВЦ АН СССР. Сообщения по прикладной математике. Москва. 1984. 40стр.
2. Садуллоев Р.И. Модель и схема расчёта движения почвенной влаги. // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2004 г. № 1, - с. 109-112.
3. Садуллоев Р.И. Анализ устойчивости системы «корни-микроорганизмы». // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2005 г. № 2, - с. 131-137.