

## ***ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯБЛОНИ С ПОМОЩЬЮ МНОГОМЕРНЫХ РЕГРЕССИЙ.***

(Петрушин В.Н; Методика исследования и вариационная статистика в научном плодоводстве, Мичуринск 1998г.)

Высшее наземное растение является «питомцем» двух «матерей» - атмосферы и литосферы, с которыми оно активно обменивается энергией и веществом. Мерой этих обменных процессов служит первичное продуцирование органического вещества. Интенсивность и направленность этих процессов, определяющих рост, развитие и продуктивность растений, зависит от напряженности факторов внешней среды и генотипической специфики растения. Для приближенной оценки продуктивности растений во избежание их уничтожения целесообразно иметь математические модели продукционного процесса. Исходным материалом в построении математических моделей являются экспериментальные данные специально поставленных опытов. При этом необходимо иметь численные данные реакции растений на широкий диапазон изменения значений факторов внешней среды, значительно отличающихся от средних показателей какой-либо почвенно-климатической зоны. В естественных условиях это потребует многолетних наблюдений, но и при этом показатели, характеризующие уровень минерального питания растений, необходимо изменять внесением значительных доз удобрений.

Математические модели продукционного процесса растений делятся на три большие группы: динамические, динамико-статистические, статистические.

Модели первого типа для древесных растений, к которым относится яблоня, носят преимущественно умозрительный характер, так как нет достаточного количества экспериментальных данных, характеризующих физиологические процессы взаимодействия яблони с внешней средой, энергомассообмена между частями растения в различные фазы развития.

Статистические модели посвящены, как правило, оценке воздействия на продукционный процесс либо агротехнических, либо агрохимических, либо агрометеорологических показателей, оценки, полученные на их основе, носят неустойчивый характер и дают весьма приближенное, а зачастую ложное представление о значимости выбранных факторов внешней среды для продуктивности яблони.

На современном этапе развития плодоводства целесообразно использовать динамико-статистические модели реакции растений на изменчивость факторов внешней среды. Эти модели делятся на два типа: аддитивные и мультипликативные. Первые применяют гораздо чаще, что не совсем целесообразно, так как при учете влияния факторов необходим статистический расчет числа неизвестных коэффициентов, определяемого

соотношением  $\sum_{m=0}^k C_n^m$ , при  $n=10$  и  $k=2$  (степень полинома) необходимо рассчитывать 66 коэффициентов. Такая модель плохо поддается анализу и формально допускает обращение в нуль любого жизненно необходимого фактора, хотя растение при этом погибает.

Мультипликативная модель компактнее аддитивной и избавлена от указанного недостатка, при учете влияния  $n$  факторов требует расчета  $(n+1)$  коэффициента.

Примером мультипликативной модели служит зависимость прироста фитомассы среднерослого подвоя 57-490 от десяти параметров, построенная по экспериментальным данным вегетационных опытов В.М. Лебедева (Лебедев В.М. Минеральное питание и биологическая продуктивность яблони: Днепропетровск, д-ра с.-х. наук: 06.01.07. - Мичуринск, 1985).

В качестве аргументов были выбраны следующие жизненно необходимые показатели: длительность опыта  $t$  (в сутках), сумма среднесуточных температур почвы  $\sum t_p$  (в  $^{\circ}\text{C}$ ), сумма среднесуточных температур воздуха  $\sum t_a$  (в  $^{\circ}\text{C}$ ), сумма среднесуточных показателей запасов

продуктивной влаги  $\sum W$  (в единицах НВ), приход фотосинтетически активной радиации  $\Phi$  (МДж/м<sup>2</sup>), концентрация азота в почве  $N$  (мг/100 г почвы), фосфора  $P$  (мг/100 г почвы), калия  $K$  (мг/100 г почвы), площадь ЛИСТОВОЙ поверхности  $L$  (м<sup>2</sup>).

Аргументы менялись в следующих пределах:

$$\tau \in [70;150], \sum t_1 \in [1100;$$

$$2600], \sum t_2 \in [1200;3000], \sum f \in [4000;11000], \sum W \in [25;110], \Phi \in [400;1200], N \in [0,1;40], P \in [0,05; 71,2], K \in [0,1;28], L \in [0,003; 0,05].$$

Все выбранные факторы жизненно необходимы, и нулевое значение любого из параметров исключает развитие продукционного процесса. Общий вид мультипликативной модели

$$Y = A \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i}.$$

Расчет коэффициентов  $A, \alpha$  проводился методом Ньютона-Гаусса, исходной точкой расчетов служили значения  $A, \alpha_1$ , полученные логарифмической регрессией

$$\ln Y = \ln A + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln x_i.$$

В результате проведенных вычислений получена следующая зависимость прироста биомассы подвоя 57-490:

$$\Delta m = 1,263 \cdot 10^{-4} (\tau)^{-1,154} (\sum t_1)^{0,531} (\sum t_2)^{0,109} (\sum f)^{1,546} (\sum W)^{0,214} \times (\Phi)^{0,154} (N)^{0,231} (P)^{0,183} (K)^{0,123} (L)^{1,32}.$$

Коэффициент тесноты связи  $R = 0,982 + 0,008$ .

Число использованных измерений  $N = 400$ ,

Отрицательный показатель степени у длительности опыта показывает, что целесообразно от суммарных величин перейти к нормированным,

убыванием  $\Delta m$  с ростом  $\sum t_n$ , вызвано тем, что температура почвы в значительной части опытов соответствовала температуре поверхности почвы в природных условиях, а не температуре корнеобитаемого слоя.

Интересно, что реакция растения существенно выше на быстроменяющиеся показатели температуры и относительной влажности воздуха, чем на остальные, более стабильные факторы. Влияние площади листового аппарата, создающего в результате фотосинтеза первичные углеводы, существенно выше воздействия уровня минерального питания.

Полученную зависимость прироста биомассы можно представить в виде

$$\Delta m = FN^{\alpha}P^{\beta}K^{\gamma},$$

где F - параметр, зависящий от длительности вегетационного периода, площади листьев, агрометеорологических факторов.

Учитывая, что общая (концентрация M азота, фосфора, калия равна их сумме

$$M=N+p+K,$$

мы получаем возможность рассчитать оптимальное сочетание концентраций элементов минерального питания, так как функцию прироста можно исследовать на наличие условного экстремума.

Прирост биомассы имеет условный максимум при следующих значениях уровней минерального питания

$$N_0 = \frac{\alpha_M}{\alpha + \beta + \gamma}, P_0 = \frac{\beta_M}{\alpha + \beta + \gamma}, K_0 = \frac{\gamma_M}{\alpha + \beta + \gamma},$$

оптимальное сочетание элементов питания N:P:K =  $\alpha : \beta : \gamma$ , то есть равно отношению соответствующих показателей степени мультипликативной регрессии. Для подвоя 57-490 получаем:

$$\mathbf{N:P:K = 0,231 : 0,183 : 0,123 \approx 4:3:2 .}$$

Приведенные расчеты (сделаны на основании лабораторных опытов и распространять количественные выводы на эксперимент в открытом грунте

нельзя, но системный подход и тенденции применять можно. Расчет доз удобрений необходимо производить исходя из оптимального сочетания концентраций элементов минерального питания, необходимая их масса

$$M_0 = (\alpha + \beta + \gamma) \left( \frac{\Delta m}{F \alpha^\alpha \beta^\beta \gamma^\gamma} \right)^{\frac{1}{\alpha + \beta + \gamma}}$$

рассчитывается из планируемого прироста биомассы. Значение F целесообразно вычислять по средним многолетним показателям или по данным долгосрочных синоптических прогнозов.