

УДК 633.31/37:631.811.1

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СООТНОШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ АЗОТА В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Г.С. ПОСЫПАНОВ, И.Н. КУНИЧНИКОВА

(Кафедра растениеводства)

Дано математическое описание соотношения источников азота в питании бобовых культур и метода определения количества симбиотически фиксированного азота воздуха.

Предложенное описание может быть использовано при разработке математической модели симбиотической азотфиксации.

Математическая модель процесса симбиотической фиксации азота воздуха включает ряд подмоделей, связанных с другими физиологическими процессами в растении, а также с реакцией растений на условия внешней среды: обеспеченность отдельными элементами минерального питания, реакцию почвенного раствора, влагообеспеченность, температурный режим почвы и воздуха, напряженность инсоляции и др.

Одним из главных факторов, определяющих интенсивность физиологических процессов в растении, является обеспеченность его азотом. Следовательно, математическое описание источников

азота в питании бобовых представляет особый интерес.

Для всех культур, кроме растений семейства бобовых, есть 2 источника азота — минеральный азот почвы (N_m) и азот минеральных удобрений (N_n): $N = N_m + N_n$, г, N — азот, усвоенный фитоценозом, кг/га.

Под бобовые культуры минеральные азотные удобрения не вносят (1—4). Кроме азота почвы, они используют симбиотически фиксированный азот воздуха (N_f), и формула источников азота в питании бобовых имеет вид:

$$N = N_m + N_f \quad (1)$$

Азот почвы можно рассчитать как разность между общим пот-

реблением азота растениями и количеством фиксированного азота воздуха:

$$N_{ms} = N - N_f \quad (2)$$

Количество фиксированного азота воздуха определяется по величине активного симбиотического потенциала A (АСП, кг · дн/га) и удельной активности симбиоза U (г азота на 1 кг сырых клубеньков в сутки) [5, 6]:

$$N_f = AU \quad (3)$$

АСП — это произведение средней массы активных клубеньков (M_{na}) за отдельный период (1-й, 2-й ... n) и продолжительности этого периода (t_i):

$$A_i = \frac{(M_{na1} + M_{na2})t_i}{2} \quad (4)$$

где A_i — АСП за 1-й период, кг · дн/га.

АСП за вегетацию — это сумма АСП за отдельные периоды вегетации: $A = A_1 + A_2 + \dots + A_n$.

Для определения УАС по значениям АСП и потреблению азота растениями необходимо иметь минимум 2 варианта с разными условиями для симбиотической азотфиксации. Например, 1 — контроль — естественное плодородие почвы, 2 — оптимальная обеспеченность отдельными элементами минерального питания (P_2O_5 , K_2O , B , Mo), или различная активность штаммов ризобий, или разные значения $pH_{\text{пол}}$ почвы, или разная влагообеспеченность. Различия в условиях выращивания окажут влияние на величину и активность симбиотического аппарата [3], масса клубеньков в этих вариантах в онтогенезе окажется различной, а значит

будут различными и значения АСП.

Учитывая, что в условиях одинаковой обеспеченности минеральным азотом почвы, при одинаковых метеорологических условиях за одно и то же время культура потребляет из почвы одинаковое количество азота [7, 8], различия в накоплении азота в двух вариантах посева могут быть обусловлены только различным количеством симбиотически фиксированного азота воздуха.

$$N_f^* = N_2 - N_1 \quad (5)$$

где N_f^* — разница двух вариантов в количестве фиксированного азота воздуха, кг/га; N_2 и N_1 — количество общего азота, усвоенного растениями в двух вариантах.

Эта разница, в свою очередь, обусловлена неодинаковой массой активных клубеньков или различной продолжительностью их функционирования [6], т.е. разными значениями АСП:

$A^* = A_2 - A_1$, где A^* — разница значений АСП между 2-м и 1-м вариантами.

По разнице потребления азота посевами двух вариантов и значений их АСП из (3) можно рассчитать удельную активность симбиоза, т.е. количество фиксированного азота воздуха 1 кг сырых клубеньков в сутки:

$$U = \frac{N_f^*}{A^*} \quad (6)$$

С использованием этой формулы определяется количество фиксированного азота воздуха за любой период онтогенеза. Зная АСП за вегетацию и УАС посева, рассчитывают количество фиксированного азота воздуха (N_f) в

каждом варианте, подставляя соответствующие значения в (3):

$$N_{\text{п1}} = A_1 U; N_{\text{п2}} = A_2 U; N_{\text{пn}} = A_n U, \text{ кг/га.}$$

Подставив (6) в (3), можно найти количество азота, усвоенного растениями из почвы:

$$\begin{aligned} N_{\text{мс}} &= N - \left[\frac{(M_{\text{nal}} + M_{\text{na2}})t_1}{2} + \frac{(M_{\text{nal}} + M_{\text{na2}})t_2}{2} + \dots \right. \\ &\left. \frac{(M_{\text{nan}} + M_{\text{nan}})t_n}{2} \right] U = N - \left[\frac{(M_{\text{nal}} + M_{\text{na2}})t_1}{2} + \right. \\ &\left. + \frac{(M_{\text{na2}} + M_{\text{na3}})t_2}{2} + \dots \frac{(M_{\text{nan}} + M_{\text{nan}})t_n}{2} \right] \frac{N_r^*}{A^*} = \\ &= N - \left[\frac{(M_{\text{nal}} + M_{\text{na2}})t_1}{2} + \frac{(M_{\text{na2}} + M_{\text{na3}})t_2}{2} + \dots \right. \\ &\left. \frac{(M_{\text{nan}} + M_{\text{nan}})t_n}{2} \right] \cdot \left(\frac{N_2 - N_1}{A_2 - A_1} \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Количество азота в растениях: N в формуле (1), N_2 и N_1 в формуле (5) — зависит от содержания

азота в отдельных органах растения и массы этих органов:

$$N = m_l[N_l] + m_n[N_n] + m_r[N_r] + m_n[N_n] + m_p[N_p], \quad (8)$$

где N — количество азота в растениях, кг/га; m_l, m_n, m_r, m_n и m_p — соответственно масса листьев, стеблей, корней, клубеньков и бо-

бов, кг/га; $[N]$ — содержание азота в тех же органах растения.

В общем виде: $N = E[m_0[N_0]]$.

Подставив (8) в (7), получим:

$$\begin{aligned} N_{\text{мс}} &= (m_l[N_l] + m_n[N_n] + m_r[N_r] + m_n[N_n] + m_p[N_p]) — \\ &- \left[\frac{(M_{\text{nal}} + M_{\text{na2}})t_1}{2} + \frac{(M_{\text{na2}} + M_{\text{na3}})t_2}{2} + \dots \right. \\ &\left. \frac{(M_{\text{nan}} + M_{\text{nan}})t_n}{2} \right] \cdot \left(\frac{N_2 - N_1}{A_2 - A_1} \right). \end{aligned}$$

Следовательно, для определения источников азота в питании растений семейства бобовых необходимо иметь данные о динамике массы активных клубеньков, продолжительности их функционирования, о массе отдельных органов в фазу, когда она достигает максимальных значений, и содержания азота в органах в эту фазу.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Посытанов Г.С.* Когда бобовым нужны азотные удобрения? — *Зерновое хоз-во*, 1973, № 3, с. 33—35. — 2. *Посытанов Г.С.* О применении стартовых доз азотных удобрений под бобовые культуры. — *Агрохимия*, 1974, № 1, с. 17—23. — 3. *Посытанов Г.С.* Методические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых услови-

ях. — *Изв. ТСХА*, 1983, вып. 5, с. 17—26. — 4. *Посытанов Г.С.* Бобовые, азот и белок. М.: ТСХА, 1989. — 5. *Посытанов Г.С.* Биологический азот — проблема экологии и растительного белка. М.: Изд-во МСХА, 1993. — 6. *Посытанов Г.С., Князева Л.Д.* К методике определения количества симбиотически фиксированного азота воздуха. — *Изв. ТСХА*, 1975, вып. 6, с. 41—46. — 7. *Трепачев Е.П., Атрашкова Н.А., Хабарова А.И.* Размеры фиксации атмосферного азота бобовыми растениями и методы их определения. — *Агрохимия*, 1967, № 8, с. 10—18. — 8. *Трепачев Е.П.* Вопросы интенсификации накопления биологического азота. — В кн.: *Биологический азот в земледелии Нечерноземной зоны СССР*. М., 1970, с. 41—48.

Статья поступила 11 июня 1997 г.

SUMMARY

Mathematical description of nitrogen sources for nutrition of legume crops and of technique for determining the amount of symbiotically fixed air nitrogen is given.

The suggested mathematical description can be used in development of mathematical model of symbiotic nitrogen fixation.