



Л.В. Кукреш, академик НАН Беларуси

В. Кухарчик, аспирант

УДК 631.84:635.651

К вопросу о внесении азотных удобрений под зернобобовые культуры

Изучалась эффективность применения азотных удобрений на урожайность зернобобовых культур. Результаты исследований показали, что на почвах со средним уровнем плодородия оптимальная доза азота под вику яровую – N_{30} . Горох является более требовательным к азотному удобрению, отзывчивость на этот элемент у него имеет сортовой характер.

Ответ на вопрос о целесообразности внесения минерального азота под зернобобовые культуры как в сельскохозяйственной науке, так и в практическом аграрном производстве далеко не однозначен. Существует позиция большой группы российских исследователей, считающих, что эти культуры способны полностью реализовать свой потенциал продуктивности за счет почвенных запасов и симбиотического азота. Минеральный же азот, по их мнению, ухудшает деятельность клубеньковых бактерий, что может привести не к повышению, а к снижению урожайности зернобобовых культур. В то же время многие ученые, в том числе стран дальнего зарубежья (например, W. Renius (1980), утверждают, что применение азота в объеме около 1/3 общего выноса его урожаем оказывает положительное влияние на урожайность зернобобовых культур. Эффективность симбиотического аппарата в этом случае не угнетается (5). Интересную в этом плане информацию приводит Walker (1975). В его опытах эффективность азотфиксации бобовыми культурами более активной отмечалась с увеличением содержания в почве органического вещества и не зависела от наличия в ней минерального азота. Клубеньковые бактерии, взятые с полянок, получавших азот 100 лет, обладали высокой азотфиксирующей способностью (6).

Выполненные в последние годы исследования в Беларуси также в значительной мере противоречивы. Так, по данным Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, внесение азота под люпин не оказывает положительного влияния на процессы азотфиксации и продуктивности культуры (1). Наоборот, в исследованиях Института земледелия и селекции НАН Беларуси внесение минерального азота позволяло повысить продуктивность гороха (3). Аналогичная информация получена Белорусской сельскохозяйственной академией. Здесь установлено, что внесение минерального азота в дозе 60 кг/га повышает эффективность фиксации азота у клевера,

The efficiency of applying nitrogen fertilizers and the yield of legumes has been studied by the authors. According to the investigations the average fertility soils have N_{30} as the best dosage for vetch. Peas are more sensitive to nitrogen fertilizers. The crop has different reaction to nitrogen, depending on the variety.

а 90 кг/га угнетает этот процесс. У сои рост интенсивности азотфиксации отмечался при повышении дозы азота до 40 кг/га, потом наблюдалась обратная тенденция. У люпина узколистного на фоне 30 кг/га азота сырая масса клубеньков увеличивалась втрое, возрастала величина активного симбиотического потенциала – произведения массы активных клубеньков на продолжительность их функционирования (4).

Потенциал азотфиксирующей способности зернобобовых культур высок. По данным указанного источника, на основе азотфиксации люпин узколистный усваивал в среднем за ряд лет 70%, а соя – 57% азота от общей потребности. По нашим данным, полученным в Белорусском НИИ земледелия и кормов, в среднем за три года азотфиксирующая способность зернобобовых культур оказалась несколько ниже: кормовых бобов – 52,9%, кормового узколистного люпина – 54,7, вики яровой – 51,1 и гороха – 43,7% азота от вынесенного урожая.

К негативным последствиям внесения минерального азота под зернобобовые культуры, по литературным источникам, относится обильное развитие вегетативной массы растений и полегание вследствие этого посевов (2). Поэтому в первую очередь представляет интерес изучить эффективность внесения азотных удобрений под посевы вики яровой и гороха, наиболее полегающих в группе зернобобовых культур.

Наши опыты с викой яровой проведены на суглинистых почвах экспериментальной базы БелНИИЗК “Зазерье” Пуховичского района. Они имели следующую агрохимическую характеристику: рН (в KCL) – 5,6-5,9, содержание гумуса – 1,7-2,1%, подвижных форм фосфора и калия соответственно 174-224 и 143-221 мг в 1 кг почвы.

Установлено, что внесение минерального азота в повышенных дозах оказывает отрицательное влияние на формирование клубеньков на корне вики яровой (табл. 1). В большей мере этот эффект проявляется в первые периоды

Таблица 1. Динамика корневых клубеньков на растении и урожайность семян вики яровой в зависимости от уровня внесения минерального азота (среднее за 3 года)

Вариант опыта	Число клубеньков на корне одного растения по фазам растения, шт.				Урожайность семян, ц/га	Урожайность в % к контролю
	ветвление стебля	начало бутонизации	начало цветения	образование бобов		
Контроль	7,1	19,5	23,4	17,1	17,5	100,0
P ₆₀ K ₉₀	7,9	22,2	27,3	19,3	18,2	104,4
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	7,6	21,5	25,8	18,0	20,6	117,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	5,1	16,0	19,8	15,1	20,0	114,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	3,6	12,9	15,1	13,3	21,5	122,8
P ₉₀ K ₁₃₅	8,8	23,6	27,8	20,3	20,0	114,3
N ₃₀ P ₉₀ K ₁₃₅	7,9	21,5	26,0	18,9	22,0	125,7
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₃₅	5,5	15,8	19,9	15,8	20,8	118,8
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅	4,5	13,6	15,9	14,3	20,4	116,6
P ₁₂₀ K ₁₈₀	9,0	24,3	28,3	20,3	19,8	113,3
N ₃₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	8,2	20,4	25,5	18,8	21,6	123,4
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	5,5	15,3	19,7	15,5	20,1	114,8
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	4,7	13,4	16,2	14,3	20,3	116,0

жизни растений. Так, внесение N₉₀ снижает количество клубеньков в начале ветвления стебля в среднем за 3 года почти вдвое по сравнению с фосфорно-калийным фоном, в начале бутонизации – на 41,9-44,9%, в начале цветения – на 42,8-44,7 и в начале образования бобов – на 29,6-31,1%. Указанная связь между количеством клубеньков на корне вики и дозой азота выражается коэффициентами корреляции, достоверными при 0,999 уровне вероятности: в начале ветвления стебля – 0,956, в начале бутонизации – 0,977, в начале цветения – 0,984 и в начале образования бобов – 0,974. В то же время применение N₃₀ стимулировало образование клубеньков по сравнению с контрольным вариантом, хотя по сравнению с фосфорно-калийным фоном также отмечалось некоторое снижение этого показателя.

Более высокая урожайность семян в опыте получена в среднем за 3 года в варианте с внесением N₃₀ на фоне P₉₀K₁₃₅. Математически зависимость между урожайностью семян, дозами применявшихся в опыте азотных удобрений и уровнем фосфорно-калийного фона выражалась уравнением множественной квадратической регрессии:

$$Y = 17,3 + 0,088X_1 + 0,011X_2 - 0,0004X_1^2 - 0,0002X_1X_2 - 0,00003X_2^2,$$

где Y – урожайность семян, ц/га;

X₁ – доза азота, кг/га действующего вещества;

X₂ – доза РК, кг/га действующего вещества.

Исследования по изучению эффективности применения азотных удобрений на урожайность гороха проведены на опытном поле Гродненского зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства. Почва опытного участка – дерново-подзолистая, супесчаная, подстилаемая с глубины около 1 м моренным суглинком. Имеет следующую агрохимическую характеристику пахотного слоя: рН (в KCL) – 5,8, содержание гумуса в пахотном слое – 1,8%, подвижного фосфора – 230 и обменного калия – 258 мг/кг почвы.

Объектами исследований были три сорта гороха белорусской селекции: Белус, Агат и Свитанак. Первый из них

характеризуется усатым типом листа, два остальных имеют традиционный лист, но короткий стебель со сжатыми междоузлиями, имеющий, по данным НИИ земледелия и селекции НАН Беларуси, длину в условиях республики 57-75 см с максимальным отклонением в отдельные годы до 90 см.

В опыте изучалось действие на урожайность и элементы продуктивности гороха предпосевной инокуляции семян сапронитом, а также 5 доз азотных удобрений: 26 кг/га с кратным возрастанием по вариантам, а также препарата клубеньковых бактерий сапронита. Первая доза N₂₆ взята на уровне 20% от расчетного количества азота, необходимого для формирования урожайности 50 ц/га с учетом содержания его в пахотном слое почвы опытного участка. Азот вносился в три срока: перед посевом, в фазы образования 9-10 листьев и бутонизации.

Установлено, что инокуляция семян гороха сапронитом в среднем за 3 года опытов обеспечила достоверную прибавку урожайности: сорта Агат – 2,5 ц/га, Белус – 1,5 и Свитанак – 1,4 ц/га.

Роль минерального азота в формировании урожайности семян гороха оказалась достаточно высокой, но в большей мере варьировала по сортам. Так, в оптимальных вариантах в среднем за 3 года на фоне этого элемента она возростала на 36,2% у сорта Агат, на 17,6% у сорта Белус и лишь на 5,4% у сорта Свитанак. Причем у последнего сорта эффективность минерального и симбиотрофного азота оказалась практически одинаковой.

Более высокая в опыте урожайность семян у сорта Агат сформировалась при внесении 80%, Белус – 60 и Свитанак – 40% от расчетного количества азота, необходимого для формирования урожайности 50 ц/га с учетом содержания его в пахотном слое почвы, соответственно 104, 78 и 52 кг/га действующего вещества (табл. 2).

Как установлено в указанном опыте, наиболее эффективно применение минерального азота у большинства сортов гороха в фазу бутонизации, что оптимизирует азотное питание в последующую фазу (цветение), когда идет

Таблица 2. Урожайность гороха в зависимости от вариантов оптимизации азотного питания, ц/га (среднее за 3 года)

Доза азота	Вариант опыта	Сорта		
		Агат	Белус	Свитанак
	Контроль	41,2	37,1	39,5
	Сапронит (инокуляция семян)	43,7	38,6	40,9
N ₂₆	Перед посевом	44,4	38,3	39,8
	В фазу 9-10 листьев	46,0	39,9	39,4
	В фазу бутонизации	46,3	40,0	38,5
N ₅₂	Перед посевом	45,3	39,9	41,4
	В фазу 9-10 листьев	47,8	40,9	41,6
	В фазу бутонизации	48,5	41,3	40,3
N ₇₈	Перед посевом	52,0	42,2	40,8
	В фазу 9-10 листьев	55,5	43,2	39,4
	В фазу бутонизации	55,8	43,6	37,5
N ₁₀₄	Перед посевом	53,0	41,3	40,3
	В фазу 9-10 листьев	54,4	42,1	38,9
	В фазу бутонизации	56,1	42,6	38,0
N ₁₃₀	Перед посевом	47,5	39,4	39,7
	В фазу 9-10 листьев	50,3	40,5	39,5
	В фазу бутонизации	50,0	40,3	39,0
	НСР 0,05, ц/га	1,45-2,20	0,92-1,20	0,90-1,89

наиболее интенсивное наращивание вегетативной массы и формирование генеративных органов. Сорт Свитанак характеризуется другой динамикой потребления минерального азота. Более высокая прибавка в оптимальном варианте получена при предпосевном внесении этого элемента. На наш взгляд, такое положение объясняется меньшей интенсивностью формирования корневых клубеньков у этого сорта. Так, в среднем за 3 года наибольшее их количество у него достигало 18,4 шт./корне (фаза цветения), в то время как у сортов Агат и Белус эти показатели были соответственно 19,8 и 21,9 шт.

Применительно к бобовым культурам, используемым на фуражные цели, важным показателем качества семян является их белковость. Как оказалось, этот показатель в большей мере контролируется генетически, варьирование его по большинству вариантов опыта незначительное (табл. 3).

Установлено, что белковость семян гороха не имеет прямой корреляции с уровнем минерального азотного питания, хотя все изучавшиеся в опыте сорта положительно реагируют содержанием белка в семенах на инокуляцию сапронитом. Тенденция варьирования белковости

Таблица 3. Содержание сырого белка в семенах гороха в зависимости от вариантов применения минерального азота, %

Доза азота	Вариант опыта	Сорта		
		Агат	Белус	Свитанак
	Контроль	21,2	21,5	21,8
	Сапронит (инокуляция семян)	22,2	21,8	22,8
N ₂₆	Перед посевом	19,8	22,8	23,0
	В фазу 9-10 листьев	23,1	22,8	23,0
	В фазу бутонизации	19,0	23,3	22,9
N ₅₂	Перед посевом	19,1	23,7	23,4
	В фазу 9-10 листьев	22,4	23,5	23,7
	В фазу бутонизации	21,6	23,3	23,2
N ₇₈	Перед посевом	21,7	23,3	22,0
	В фазу 9-10 листьев	18,6	22,7	22,8
	В фазу бутонизации	21,6	22,8	22,2
N ₁₀₄	Перед посевом	19,8	22,2	21,8
	В фазу 9-10 листьев	19,4	19,8	20,6
	В фазу бутонизации	22,3	22,2	21,1
N ₁₃₀	Перед посевом	21,3	22,0	21,8
	В фазу 9-10 листьев	19,0	22,3	21,5
	В фазу бутонизации	22,5	22,1	21,4

Таблица 4. Параметры морфологических структур и элементов структуры урожайности в зависимости от доз и сроков внесения удобрений (2001-2003 гг.)

Доза азота	Вариант опыта	Длина растений, см	Число междоузлий, шт.	Число бобов на растении, шт.	Число семян в бобе, шт.	Масса 1000 семян, г
	Контроль	63,0	17,4	5,3	4,3	212,6
	Сапронит	64,5	18,5	5,4	4,4	212,6
N ₂₆	Перед посевом	65,1	18,6	5,6	4,9	223,0
	В фазу 9-10 листьев	63,6	17,9	5,0	6,3	228,0
	В фазу бутонизации	63,9	18,4	5,6	5,4	228,3
N ₅₂	Перед посевом	65,5	19,5	5,3	5,2	227,6
	В фазу 9-10 листьев	66,9	19,0	5,6	5,5	236,0
	В фазу бутонизации	65,5	19,4	6,3	5,2	235,0
N ₇₈	Перед посевом	69,1	20,2	6,3	5,0	243,3
	В фазу 9-10 листьев	73,2	20,9	6,3	4,8	248,6
	В фазу бутонизации	70,0	20,8	6,3	4,9	248,3
N ₁₀₄	Перед посевом	73,0	21,0	6,0	4,9	241,0
	В фазу 9-10 листьев	76,0	21,7	6,0	5,1	242,3
	В фазу бутонизации	74,6	21,4	5,6	5,9	249,0
N ₁₃₀	Перед посевом	74,9	19,6	5,6	5,2	237,6
	В фазу 9-10 листьев	75,0	19,8	5,3	5,4	241,6
	В фазу бутонизации	75,1	19,8	5,0	5,1	239,0

семян от доз минерального удобрения имеет сортовой характер. Так, у сорта Агат наибольшее количество сырого белка отмечалось в варианте N₂₆, а у сортов Белус и Свитанак – N₅₂. Причем, если у сорта Агат внесение азота в фазу 9-10 листьев имело значительное преимущество по сравнению с другими сроками, то у сортов Белус и Свитанак сроки внесения не имели существенного значения для содержания сырого белка в семенах (табл. 3).

Внесение минерального азота в условиях указанного опыта оказывало положительное влияние на морфогенез растений и параметры элементов структуры урожайности гороха. Как показано в таблице 4 на примере сорта Агат, длина стебля на фоне минерального азота в среднем за 3 года в наибольшей мере возросла на 13 см, число междоузлий стебля – на 4,3 шт., число бобов на растении – на 1, число семян в бобе – на 1,6 шт., а масса 1000 семян – на 36,4 г. Действие на указанные параметры предпосевной инокуляции семян оказалось менее эффективным.

Следовательно, зернобобовые культуры за счет симбиотрофного питания даже при благоприятных условиях усваивают не более 2/3 азота от общего его выноса урожая. Поэтому для полной реализации потенциала продуктивности необходимо внесение минерального азота, который в низких дозах не оказывает существенного отрицательного влияния на формирование клубеньковых бактерий и значительно повышает урожайность семян.

На почвах со средним уровнем плодородия оптимальной дозой азота под вику яровую является N₃₀. Повыше-

ние уровня азотного питания свыше N₃₀ не обеспечивает дальнейшего увеличения урожайности семян вследствие резкого возрастания степени полеглости посевов. Горох более требователен к азотному удобрению, отзывчивость на этот элемент у него имеет сортовой характер. Более высокая в условиях проведения опыта урожайность семян у сорта Агат сформировалась при внесении 80%, Белус – 60 и Свитанак – 40% азота от расчетного уровня, необходимого для формирования урожайности 50 ц/га с учетом содержания его в пахотном слое почвы.

Литература

1. Заболотный А.И. Азотный обмен в растениях люпина в репродуктивный период онтогенеза: в норме и при экзогенном воздействии. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – Минск, 2004. – 43 с.
2. Кукреш Л.В., Лукашевич Н.П. Горох (биология, агротехника, использование). – Минск: Ураджай, 1997. – 159 с.
3. Лукашевич Н.П., Злотник И.И., Протько Л.С. Формирование урожайности семян гороха на фоне азотного питания // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя сельскагаспадарчых навук. – 2004. – № 1. – С.65-67.
4. Персикова Т.О., Цыганов А.Р., Вильдфлуш И. Биологический азот в земледелии Беларуси. – Минск: Издательство “Хата”. – 2003. – 237 с.
5. Renius W. Dungung von Zwischenfruchten // Feld und Wald. – 1980. – 9. – № 2. – S. 12-14
6. Walker M. Soil mikrobiologi / Butterworts. – London and Boston, 1975. – 312 p.