

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ И СИМБИОТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЕВОВ СОИ, ГОРОХА И ВИКИEFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON THE INDICES OF PHOTOSYNTHETIC
AND SYMBIOTIC ACTIVITY OF SOYBEAN, PEA AND VETCH CROPS

Ключевые слова: соя, горох, вика, фотосинтетическая деятельность, симбиотическая активность, минеральные удобрения, фосфор; чернозем, клубеньки.

Приводятся результаты исследований, посвященных изучению влияния минеральных удобрений на активность и величину симбиотического аппарата зернобобовых культур. Исследования показали, что в более влагообеспеченные годы внесение в почву N_{30} способствовало формированию симбиотического аппарата почти до уровня лучшего варианта ($P_{60}K_{40}$). Но в зоне недостаточного увлажнения (степная зона) дополнительное внесение в почву минерального азота, особенно в засушливые годы, отрицательно действует на величину симбиотического аппарата. Растения сами способны полностью обеспечить себя азотом за счет фиксации атмосферного азота и использования почвенного азота. Потребление азота из почвы в более засушливые годы (особенно в степной зоне) больше, чем в условиях большей влагообеспеченности. Вместе с тем в более благоприятные по влагообеспеченности годы симбиотический потенциал оказался выше, чем при меньшей влагообеспеченности. Величина удельной активности симбиоза также зависела от условий года и периода вегетации растений. Так, максимальная ее величина отмечена при большей влагообеспеченности в период «цветение-налив семян», что почти в 10 раз повысило показатели, чем в предшествующий период «всходы-цветение». Результаты исследований показывают, что дополнительное использование фосфора и калия под сою, горох и вику обеспечивает фиксирование большего количества азота воздуха, а его доля от общего потребления повышается в 1,2 раза.

Keywords: soybean, peas, vetch, photosynthetic activity, symbiotic activity, mineral fertilizers, phosphorus, chernozem, nodules.

The research findings on the effect of mineral fertilizers on the activity and size of the symbiotic apparatus of legume crops are discussed. It was found that on favorable years in terms of moisture supply the introduction of N_{30} into the soil contributed to the formation of symbiotic apparatus almost to the level of the best variant ($P_{60}K_{40}$). However in the zone of insufficient moistening (steppe zone), additional introduction of mineral nitrogen into the soil and, especially, on dry years, had negative effect on the size of the symbiotic apparatus. Plants can fully supply themselves with nitrogen by fixing atmospheric nitrogen and using soil nitrogen. The consumption of nitrogen from the soil on more dry years (especially in the steppe zone) is greater than under the conditions of greater moisture availability. At the same time, on favorable years in terms of moisture supply, the symbiotic potential was greater than that with lesser moisture availability. The magnitude of the specific symbiotic activity also depended on the conditions of the year and the plant growing season. The maximum value was revealed with greater moisture content at the stage of "flowering – seed filling"; it was almost 10 times higher than that at the previous stage of "shoots – flowering". The research findings show that the additional application of phosphorus and potassium for soybean, pea and vetch ensures greater fixation of air nitrogen, and its percentage of total consumption increases 1.2 times.

Хамоков Хажсет Аскерханович, д.с.-х.н., проф., Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова. E-mail: simbioz7591q@yandex.ru.

Khamokov Khazhset Askerkhanovich, Dr. Agr. Sci., Prof., Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov. E-mail: simbioz7591q@yandex.ru.

Введение

Минеральное питание растений – один из важнейших биологических процессов, обеспечивающих жизнеспособность и общую их продуктивность. Общая потребность бобовых культур в элементах питания зависит от количества синтезированного сухого вещества корней, стеблей, листьев и зерна и их химического состава [1]. В результате многочисленных исследований установлено, что одним из ограничивающих факторов эффективности симбиотической азотфиксации является низкое содержание в почве подвижных форм фосфора [2, 3]. Положительную роль фосфора в формировании клубеньков бобовыми культурами от-

мечали в своих работах A.D. Andersen, J.F. Spenser (1948); E.D. Milder (1954); E.I. Hewitt (1958) [4, 5].

Роль фосфорных удобрений в возрастании азотонакопления бобовыми растениями отмечали также Ильин С.С., 1939; Тильба В.А., Голодяев Г.П., 1966; Lynoh D.L., Sears O.H., 1950; Last F.T., Nour M.A., 1962; Masefeld G.B., 1965; Федоров М.В., Подъяпольская В.П., 1951.

Общие запасы фосфора в черноземных почвах Предкавказья, как считают специалисты, сравнительно невысокие. Около 80% пахотных земель центральных регионов Северного Кавказа, если ориентироваться по общепринятой шкале предельных величин

обеспеченности почв фосфором, имеют низкое содержание P_2O_5 , определяемого по методу Мачигина, что предполагает высокую отзывчивость растений на внесение фосфорных удобрений.

О необходимости внесения фосфорных удобрений на низкообеспеченных почвах этим элементом отмечали многие исследователи. В частности, Cassman T.L. (1979, 1981) считает, что для получения максимального урожая гороха при симбиотрофном питании нужно вносить норму фосфора на 47-70% больше, чем при автотрофном питании [6, 7].

Данными опытов Нагорного В.Д. (1985, 1986) также доказано, что при применении малых норм фосфора (30-60 кг/га) не проявляется должного эффекта от его внесения. Увеличение же фосфора до 100 и более кг/га обеспечивает значительное увеличение биомассы и урожая семян [8].

Некоторые исследователи, в частности Д. Динчев (1959, 1961), считают, что благоприятное влияние фосфора на активность клубеньковых бактерий позволяет отказаться от инокуляции семян, если в почву вносятся фосфорные удобрения и используются правильные агротехнические приемы. Это относится к тем случаям, когда в почве имеются активные клубеньковые бактерии.

Калий способствует передвижению углеводов из листьев в клубеньки, активизирует фотосинтез (Гукова М.М., Таланина О.В., 1968). Л.М. Доросинский (1970) отмечает, что внесение калийных удобрений малоэффективно на почвах с хорошей обеспеченностью этим элементом.

С целью установления влияния различных доз минеральных удобрений на показатели структуры урожая и урожайности посевов, а также фиксацию атмосферного азота зернобобовыми культурами нами были проведены полевые опыты в 2012-2016 гг. Годы исследований были разбиты на две группы: засушливые (2012, 2016 гг.) и влагообеспеченные (2013, 2014, 2015 гг.).

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись зернобобовые культуры (соя, горох, вика).

Фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза определяли по формуле Веста, Бриггса и Кидда (Ничипорович А.А., 1955, 1961). Симбиотический потенциал и удельную активность симбиоза рассчитывали по формулам, предложенным Г.С. Посыпановым, 1991.

Структурный анализ (индивидуальная продуктивность растений и биологический урожай) проводили по методике А.С. Митрофанова и др. (1971). Пробы растений отбирались перед уборкой (по 20 растений с каждой делянки). Определены коррелятивные связи между симбиотическими и фотосинтетическими потенциалами и продуктивностью сои.

В лабораторных условиях определяли качество зерна по содержанию протеина (по методу Къельдаля), а качество зеленой массы – по содержанию в ней питательных веществ.

Учет урожая производили методом сплошного обмолота растений с каждой делянки. Основные результаты исследований подвергались статистической обработке методом дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1973).

Экспериментальная часть

Исследования проводились в полевых условиях степной (опытно-производственное хозяйство «Опытное») и предгорной (общество с ограниченной ответственностью «Шэрэдж») зон Кабардино-Балкарской Республики.

Почва опытных участков степной зоны – чернозем обыкновенный, с содержанием гумуса 3,5-4,0%, гидролизуемого азота – 150-160 мг, подвижного фосфора – 130-150 мг, обменного калия – 200-220 мг на 1 кг почвы, рН – 6,5-6,7, влажность почвы в пределах 48-80% НВ.

Почва опытных участков предгорной зоны – чернозем выщелоченный. Содержание азота гидролизуемого 168-170 мг, подвижного фосфора – 14-19 мг, обменного калия – 130-135 мг на 1 кг почвы; содержание гумуса – 3,5-4,5%.

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что внесение в почву $P_{60}K_{40}$ положительно повлияло на формирование симбиотического аппарата и его активность (табл. 1). Масса клубеньков, продолжительность и активность симбиотического аппарата в условиях внесения в почву фосфора и калия увеличиваются. Период активности симбиоза продлевается на 4-6 дней, повышаются показатели активности симбиотического аппарата (АСП), как общий, так и активный. Условия предгорной зоны в большей степени благоприятствуют получению лучших показателей по симбиотической деятельности растений, чем степной зоны.

Результаты исследований показывают, что дополнительное использование фосфора и калия под сою, горох и вика обеспечивает фиксирование большего количества азота воздуха, а его доля от общего потребления повышается в 1,2 раза. Наибольшее количество азота накопилось в варианте $P_{60}K_{40}$, когда растения сформировали более развитый корень и больший симбиотический аппарат, обеспечивший за счет фиксации атмосферного азота повышение общего количества азота.

Представляет определенный интерес использование азота растениями в зависимости от содержания в почве фосфорно-калийных удобрений (табл. 2).

Таблица 1

Влияние фосфорно-калийных удобрений на симбиотическую деятельность посевов сои, гороха и вики

Показатели	Соя		Горох		Вика	
	контр.	P ₆₀ K ₄₀	контр.	P ₆₀ K ₄₀	контр.	P ₆₀ K ₄₀
Степная зона						
Количество активных клубеньков, кг/га	71	83	45	60	69	78
Продолжит. симбиоза, дней:						
общего	58	64	45	46	59	63
активного	56	60	41	42	56	52
Симбиотический показатель, кг дней/га:						
общий	1493	1526	632	867	1485	1546
активный	1398	1435	595	815	1363	1438
Предгорная зона						
Количество активных клубеньков, кг/га	72	73	48	63	72	81
Продолжит. симбиоза, дней:						
общего	63	69	49	51	62	66
активного	61	65	45	44	59	54
Симбиотический показатель, кг дней/га:						
общий	1565	1600	684	899	1534	1594
активный	1503	1662	725	942	1586	1560

Таблица 2

Влияние фосфорно-калийных удобрений на использование азота почвы посевами сои, гороха и вики

Показатели	Соя		Горох		Вика	
	контр.	P ₆₀ K ₄₀	контр.	P ₆₀ K ₄₀	контр.	P ₆₀ K ₄₀
Степная зона						
Накопление азота, кг/га	325	346	109	127	323	340
Фиксировано азота воздуха, кг/га	78	96	44	79	76	97
Доля фиксированного азота воздуха, %	48	54	46	52	47	53
Усвоено азота почвы, кг/га	148	172	65	48	151	175
Доля азота почвы в растениях, %	62	69	48	54	63	71
Предгорная зона						
Накопление азота, кг/га	350	370	134	153	348	365
Фиксировано азота воздуха, кг/га	88	105	54	89	86	107
Доля фиксированного азота воздуха, %	51	56	49	55	50	53
Усвоено азота почвы, кг/га	188	212	104	87	192	215
Доля азота почвы в растениях, %	65	72	51	57	66	69

Интерес представляет изучение влияния различных доз азотных удобрений на симбиотическую и фотосинтетическую деятельность и продуктивность сои, гороха и вики в зоне недостаточного увлажнения. Имеется ли необходимость в этих условиях давать стартовые дозы азотных удобрений для повышения продуктивности этих культур в этой зоне?

Внесение в почву P₆₀K₄₀ способствует лучшему формированию и активности фотосинтетического и симбиотического потенциалов растений сои, гороха и вики. Внесение азотных удобрений снижает эти показатели, причем увеличение дозы приводит к еще большему снижению показателей симбиотической активности растений.

Исследования симбиотической и фотосинтетической деятельности посевов сои, гороха и вики показали, что предпосевное внесение азота в норме 30 кг/га задерживало образование клубеньков на 5-6 дней. Соответственно, снижались продолжительность ак-

тивного симбиоза и величина активного симбиотического потенциала (табл. 4).

Увеличение дозы азота до 60 кг/га снизило в фазе образования бобов массу активных клубеньков в 1,2 раза, продолжительность активного симбиоза за вегетацию на 8-10 дней, при этом симбиотический потенциал уменьшился в 1,2-1,3 раза. В наиболее влажном 2013 г. были получены более высокие результаты, чем в засушливые 2012 и 2016 гг.

Исследования также показали, что увеличение дозы азотных удобрений снижает объемы симбиотической фиксации азота воздуха у всех изучаемых культур (табл. 5). Доля фиксированного азота воздуха в урожае гороха снизилась в 2 раза, а доля азота удобрений составила, в среднем, 37%, при одновременном повышении общего потребления азота посевами гороха на 5-18 кг/га, или на 3-11%. В предгорной зоне и в более влажных годах (в обеих зонах) растения полнее используют азот удобрений и доля его в урожае возрастает до 44-47%.

Таблица 3

Влияние различных доз азотных удобрений на формирование и активность симбиотического и фотосинтетического аппаратов сои, гороха и вики

Показатели	Контроль	Р ₆₀ К ₄₀ – фон	Фон + N ₃₀	Фон + N ₄₅	Фон + N ₆₀
Соя					
Масса активн. клубеньков, кг/га	71	74	70	69	67
АСП, кг дней/га	1385	1365	1312	1289	1225
Фиксированный азот, кг/га	77,4	82,3	76,5	75,2	71,3
Доля фиксированного азота, %	46	48,5	43,6	36,7	32,2
S листовой поверхн., тыс. м ² /га	65,7	68,3	64,1	61,8	58,2
ЧПФ, г м ² /сут.	5,5	6,0	5,3	5,2	5,0
Накопление сухой массы, ц/га	58,5	60,2	55,8	53,2	52,5
Горох					
Масса активн. клубеньков, кг/га	30	33	29	28	26
АСП, кг дней/га	628	650	620	601	582
Фиксированный азот, кг/га	34,7	40,1	32,8	30,1	24,5
Доля фиксированного азота, %	38,8	41,3	30,1	20,8	18,9
Слистой поверхн., тыс. м ² /га	38,3	40,1	36,7	32,3	30,1
ЧПФ, г м ² /сут.	4,5	4,8	3,8	3,0	2,1
Накопление сухой массы, ц/га	41,0	43,2	38,2	35,4	31,7
Вика					
Масса активн. клубеньков, кг/га	69	72	68	67	65
АСП, кг дней/га	1363	1383	1335	1280	1220
Фиксированный азот, кг/га	76,3	81,1	73,2	70,3	65,3
Доля фиксированного азота, %	47,1	49,6	41,1	32,4	28,1
Слистой поверхн., тыс. м ² /га	63,2	65,3	61,5	60,5	57,6
ЧПФ, г м ² /сут.	5,1	5,6	4,7	4,3	3,8
Накопление сухой массы, ц/га	57,3	59,4	54,5	53,2	51,3

Таблица 4

Влияние доз азотных удобрений на основные показатели симбиотической деятельности посевов гороха в зависимости от влагообеспеченности

Показатель	2012 г.			2013 г.			2016 г.		
	N ₀	N ₃₀	N ₆₀	N ₀	N ₃₀	N ₆₀	N ₀	N ₃₀	N ₆₀
Клубеньков, млн шт/га	20	16	10	28	24	19	19	16	9
г/га	30	25	23	41	38	32	28	24	23
Продолж. активного симбиоза, дн.	36	34	30	39	36	32	35	33	29
АСП, кг дней/га	630	590	554	702	680	642	618	590	550

Таблица 5

Влияние доз азотных удобрений на использование азота почвы и удобрений посевами сои, гороха и вики в зависимости от влагообеспеченности

Показатели	Степная зона			Предгорная зона		
	N ₀	N ₃₀	N ₆₀	N ₀	N ₃₀	N ₆₀
Соя						
Фиксиров. азот воздуха, кг/га	55,2	50,1	41,5	78	62,8	58,7
Доля фиксиров. азота, %	29,2	22,5	16,2	35,4	36,8	23,6
Доля азота почвы в урожае, %	82,6	67,2	81,3	72,3	55,2	61,3
Горох						
Фиксиров. азот воздуха, кг/га	34,3	28,8	18,7	38,7	34,8	28,5
Доля фиксиров. азота, %	35,9	23,7	17,2	49,7	36,5	20,6
Доля азота почвы в урожае, %	64,1	76,3	82,2	53,3	63,5	79,4
Вика						
Фиксиров. азот воздуха, кг/га	55,7	51,2	42,3	76,1	57,3	43,1
Доля фиксиров. азота, %	28,3	21,3	15,5	34,6	35,2	22,5
Доля азота почвы в урожае, %	81,5	68,5	80,1	71,8	54,6	70,3

Потребление азота из почвы в более засушливые годы (особенно в степной зоне) больше, чем в условиях большей влагообеспеченности. Вместе с тем в более благоприятные по влагообеспеченности годы симбиотический потенциал оказался выше, чем при меньшей влагообеспеченности.

Величина удельной активности симбиоза также зависела от условий года и периода вегетации растений. Так, максимальная ее величина отмечена при большей влагообеспеченности в период «цветение-налив семян», что почти в 10 раз повысило показатели, чем в предшествующий период «всходы-цветение». В среднем, за период от всходов до полного налива семян удельная активность симбиоза (УАС) составила около 3 г азота на 1 кг сырых клубеньков в сутки.

Зная удельную активность симбиоза и величину активного симбиотического потенциала АСП), было рассчитано количество азота воздуха, фиксированного растениями гороха по периодам онтогенеза. Оно за период от всходов до полного налива семян достигало 30 кг/га и более (у гороха), что свидетельствует о больших возможностях симбиотической системы в обеспечении растений азотом без внесения азотных удобрений.

Выводы

Таким образом, метеорологические условия наиболее влагообеспеченных лет, в отличие от более засушливых, оказали положительное влияние на формирование и развитие симбиотического аппарата. Продолжительность активного симбиоза достигала у гороха 36-39 дней, общего – 45-48 дней; сои – соответственно, 56-60 и 58-64 дня; вики – 52-56 и 59-63 дня.

Аналогичное явление наблюдается и по фотосинтетической деятельности растений, где использование минерального азота практически не оказывает положительного эффекта.

Следует отметить, что в более влагообеспеченные годы внесение в почву N_{30} способствовало формированию симбиотического аппарата почти до уровня лучшего варианта ($P_{60}K_{40}$). Однако в зоне недостаточного увлажнения (степная зона) дополнительное внесение в почву минерального азота, особенно в засушливые годы, отрицательно действует на величину симбиотического аппарата, что свидетельствует об отсутствии необходимости его использования. Растения сами способны полностью обеспечить себя азотом за счет фиксации атмосферного азота и использования почвенного азота, при этом симбиотрофный тип питания будет преобладающим. Активность симбиотического аппарата и его величина во многом зависят от влажности почвы.

Библиографический список

1. Гнетиева Л., Попцова Л. Условия минерального питания зернобобовых культур и эффективность применения удобрений в различных почвенно-климатических зонах страны // *Технология производства зернобобовых культур*. – 1977. – С. 75-82.
2. Посыпанов Г.С. Об условиях бобоворизобияльного симбиоза и его роли в формировании урожая бобовых культур // *Изв. ТСХА*. – М., 1972. – Вып. 3. – С. 28-37.
3. Посыпанов Г.С. Когда бобовым нужны азотные удобрения? // *Зерновое х-во*. – 1973. – № 3. – С. 33-35.
4. Посыпанов Г.С. О применении стартовых доз азотных удобрений под бобовые культуры // *Агрохимия*. – 1974. – № 1. – С. 17-22.
5. Рахимова О.В. Активность симбиотической азотфиксации и семенная продуктивность вики посевной в зависимости от обеспеченности элементами минерального питания: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / спец. 06.01.09. – М., 1995. – 17 с.
6. Хамоков Х.А. Симбиотическая деятельность и использование азота почвы посевами гороха в зависимости от различной влагообеспеченности // *Зерновые культуры*. – 2000. – № 1.
7. Хамоков Х.А. Влияние влагообеспеченности почвы на симбиотическую и фотосинтетическую деятельность гороха и вики // *Зерновое хозяйство*. – 2004.
8. Хамоков Х.А., Хахова А. Зависимость урожая яровой вики от влагообеспеченности, элементов питания и зоны возделывания // *Зерновое хозяйство*. – № 5. – 2004.

References

1. Gnetieva L., Poptsova L. Usloviya mineralnogo pitaniya zernobobovykh kultur i effektivnost primeneniya udobreniy v razlichnykh pochvenno-klimaticheskikh zonakh strany // *Tekhnologiya proizvodstva zernobobovykh kultur*. – M., 1977. – S. 75-82.
2. Posypanov G.S. Ob usloviyakh bobovorizobialnogo simbioza i ego roli v formirovani urozhaya bobovykh kultur // *Izv. TSKhA*. – 1972. – Vyp. 3. – S. 28-37.
3. Posypanov G.S. Kogda bobovym nuzhny azotnye udobreniya? // *Zernovoe khozyaystvo*. – 1973. – № 3. – S. 33-35.
4. Posypanov G.S. O primeneni startovykh doz azotnykh udobreniy pod bobovye kultury // *Agrokhimiya*. – 1974. – № 1. – S. 17-22.
5. Rakhimova O.V. Aktivnost simbioticheskoy azotfiksatsii i semennaya produktivnost viki posevnoy v zavisimosti ot obespechennosti elementami mineralnogo pitaniya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk: spets. 06.01.09. – M., 1995. – 17 s.
6. Khamokov Kh.A. Simbioticheskaya deyatelnost i ispolzovanie azota pochvy posevami gorokha v zavisimosti ot razlichnoy vlagoobespechennosti // *Zernovye kultury*. – 2000. – № 1.
7. Khamokov Kh.A. Vliyanie vlagoobespechennosti pochvy na simbioticheskuyu i fotosinteticheskuyu deyatelnost gorokha i viki // *Zernovoe khozyaystvo*. – 2004. – № 2.
8. Khamokov Kh.A., Khakhova A. Zavisimost urozhaya yarovoy viki ot vlagoobespechennosti, elementov pitaniya i zony vzdelyvaniya // *Zernovoe khozyaystvo*. – 2004. – № 5.

