

УДК 333.31:581.132:631.811

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ ЛЮЦЕРНЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ**

В. И. ЧЕРНОВА, Б. А. ЧЕРНОВ, Г. С. ПОСЫПАНОВ
(Кафедра растениеводства)

Растения семейства бобовых обладают самой высокой интенсивностью фотосинтеза среди всех сельскохозяйственных культур [5]. Полагают, что это связано не только с потребностью в углеводах самих

растений, но и с необходимостью обеспечения ими клубеньковых бактерий. Интенсивность фотосинтеза бобовых зависит от условий выращивания: почвенно-климатических факторов, агротехники, минерального питания [8]. Улучшение условий минерального питания растений способствует увеличению площади листьев, продуктивности фотосинтеза и в конечном счете приводит к получению более высоких урожаев [4, 7].

Чистая продуктивность фотосинтеза многолетних трав в течение вегетации сильно колеблется, а при дефиците влаги в почве ее значения могут становиться отрицательными и урожайность трав в этом случае больше зависит от площади листьев и фотосинтетической мощности посевов [3]. Более мощный листовой аппарат люцерны при подкормке азотными удобрениями не увеличивает чистую продуктивность фотосинтеза, хотя накопление сухого вещества повышается [2].

В задачу наших исследований входило изучение зависимости показателей фотосинтетической деятельности посевов люцерны от уровня плодородия почвы, ее кислотности, влажности и обеспеченности элементами питания.

Методика исследований

Полевые опыты с люцерной сорта Северная гибридная 69 проводили в 1974—1978 гг. на подзолистых среднесуглинистых почвах разной окультуренности в хозяйстве опытной станции Коми АССР. В хорошо окультуренной старопашотной почве содержание гумуса 2,0—2,5 %, $pH_{\text{с.ол}}$ 6,3—6,8, содержание P_2O_5 — 30—45, K_2O — 16—30 мг на 100 г, в слабоокультуренных почвах после раскорчевки леса гумусовый горизонт — 13—16 см, $pH_{\text{с.ол}}$ 4,3—5,5, содержание P_2O_5 — 9—13, K_2O — 8—12 мг на 100 г.

Семена люцерны, обработанные нитрагином и молибденом, высевали под покров горохо-овсяной смеси. Норма высева была снижена на 25 %. В почву вносили бор из расчета 3 кг/га. В схему опыта включены варианты с известкованием (по 1,5 г. к.) и внесением фосфорно-калийных удобрений в дозах, рассчитанных на симбиотрофный тип азотного питания, и варианты с различными дозами азотных удобрений (N_1 , $N_2/3$, $N_1/3$), рассчитанными на смешанный и минеральный тип азотного питания. Нормы минеральных удобрений определяли по выносу питательных веществ урожаем 80—100 ц сена с 1 га, учитывая

при этом содержание подвижных форм питательных веществ в почве. В зависимости от плодородия почв и уровня планируемого урожая нормы удобрений были следующие: P_2O_5 — 20—152 кг/га, K_2O — 89—115, полная норма азота (N_1) — 218—330 кг/га в год. Фосфорно-калийные удобрения вносили под культивацию в год посева в запас на все годы пользования травостоем, азотные — ежегодно дробно: в весеннюю и поукосную подкормку равными частями. Агротехника в опытах общепринятая для люцерны в Нечерноземной зоне РСФСР [6].

Показатели фотосинтетической деятельности посевов рассчитывали по методикам, изложенным А. А. Нечипоровичем и др. [4], содержание хлорофилла в листьях определяли по методу М. С. Миллер [1].

Учетная площадь делянок 25—100 м², повторность опыта 4-кратная. Метеорологические условия в годы исследований различались по количеству осадков и суммам активных температур за вегетацию: 1974, 1975 и 1977 годы были сравнительно теплыми для данной широты, 1976 год — умеренно теплый с обильными неравномерно выпадающими осадками, 1978 год — самый холодный и влажный.

Результаты исследований

К показателям, определяющим урожай, относятся степень облистненности и площадь листовой поверхности растений. Как видно из табл. 1, наиболее облиственной в I год жизни была люцерна, выращенная на окультуренной почве (масса листьев 59—62 % надземной массы растений против 46—54 % на почве слабоокультуренной). В последующие годы удельный вес листьев в общей надземной массе резко снизился (до 36—46 %) и почти не зависел от плодородия почвы, что объясняется увеличением массы стеблей.

На окультуренной почве известкование и фосфорно-калийные удобрения не оказали существенного влияния на соотношение вегетативных органов, на слабоокультуренной фосфорно-калийные удобрения также мало влияли на облиственность, известкование способствовало увели-

Облиственность люцерны (% , среднее за вегетацию) на окультуренной (в числителе) и слабоокультуренной (в знаменателе) почвах

Годы жизни растений	Контроль	Ca	CaPK	CaPKN _{1/3}	CaPKN _{2/3}	CaPKN ₁
I (1974—1975)	59	62	61	61	62	60
	<u>46</u>	<u>53</u>	<u>53</u>	<u>53</u>	<u>54</u>	<u>53</u>
II (1975—1976)	36	36	37	37	37	37
	<u>37</u>	<u>40</u>	<u>41</u>	<u>42</u>	<u>43</u>	<u>43</u>
III (1976—1977)	36	38	37	34	37	37
	<u>36</u>	<u>38</u>	<u>39</u>	<u>40</u>	<u>41</u>	<u>42</u>
IV (1977—1978)	41	43	43	43	43	43
	<u>38</u>	<u>40</u>	<u>42</u>	<u>43</u>	<u>45</u>	<u>46</u>
V (1978)	41	41	42	41	42	43
	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>

чению этого показателя на 6 % в I год жизни люцерны и на 2—3 % в последующие. При внесении азотных удобрений только на слабоокультуренной почве в посевах III и IV годов жизни незначительно (на 3—4 %) увеличилась доля листьев в травостое.

Наибольшая листовая поверхность была у люцерны в фазы бутонизации и начала цветения 1-го укоса, которые совпадали с периодом длинного светового дня на Севере, что и обеспечивало максимальное использование растениями солнечного света. Во 2-м укосе во все годы сформировалась меньшая по размерам площадь листьев, по-видимому, вследствие сокращения дня и снижения среднесуточных температур воздуха в августе.

Большое влияние на формирование листового аппарата люцерны оказывают агрометеорологические условия, особенно влагообеспеченность растений (табл. 2).

Вследствие недостатка влаги в почве в 1975 и 1977 гг. максимальная площадь листьев в фазу начала цветения трав (перед укосом) была ниже, чем в 1976 и 1978 гг., в 1,4—1,6 раза, или на 6—18 тыс. м²/га. Известкование и внесение удобрений сильнее влияли на размер фотосинтетического аппарата в годы с достаточной влагообеспеченностью, чем при недостатке влаги: увеличение площади листьев от известкования составило соответственно 27,6 и 16,8 %. При внесении фосфорно-калийных удобрений и хорошей влагообеспеченности листовая поверхность достигла 34 тыс. м²/га, а в годы с низкой обеспеченностью

Т а б л и ц а 2

Площадь листьев люцерны 1-го укоса (тыс. м²/га) по фазам развития в зависимости от влагообеспеченности вегетационного периода на слабоокультуренной почве

Вариант	Нормальное увлажнение (1976, 1978)			Недостаточное увлажнение—33—54 % ППВ (1975, 1977)		
	стеблевание	бутонизация	начало цветения	стеблевание	бутонизация	начало цветения
Контроль	8	14	21	5	11	15
Ca	9	19	29	9	15	18
CaPK	14	24	34	10	18	23
CaPKN _{1/3}	16	26	37	11	20	27
CaPKN _{2/3}	20	31	44	14	24	30
CaPKN ₁	23	36	50	19	27	32

Т а б л и ц а 3

Площадь листьев люцерны на почвах различного плодородия (тыс. м²/га, среднее за 1974—1978 гг.)

Годы жизни растений	Укос	Контроль	Са	СаРК	СаРКN _{1/2}	СаРКN _{2/3}	СаРКN ₁
Окультуренная почва							
II	1	43	43	45	47	47	46
III	1	44	44	45	48	50	50
IV	1	46	47	48	50	51	53
	2	34	38	40	44	45	49
V	1	30	32	34	34	33	34
	2	26	29	30	33	35	35
Слабоокультуренная почва							
II	1	22	27	32	34	35	36
III	1	22	26	31	33	39	43
	2	14	18	29	31	36	42
IV	1	17	24	30	32	39	42
	2	12	20	27	29	32	39
V	1	18	24	29	32	37	40
	2	10	16	23	25	29	35

влажностью она была на 32% меньше. При внесении азотных удобрений эта разница составила 10—18 тыс. м²/га, или 27—36%. Аналогичная картина наблюдалась и в фазу бутонизации посевов люцерны.

В годы исследований размеры фотосинтетического аппарата люцерны зависели от уровня плодородия почвы и удобрений (табл. 3).

На окультуренной почве известкование, внесение фосфорно-калийных и различных доз азотных удобрений во все годы жизни трав существенно не увеличивали листовую поверхность растений в 1-й укос. Это связано с достаточной обеспеченностью почвы фосфором и калием, а также активной работой симбиотического аппарата на корнях люцерны.

При формировании 2-го укоса часть клубеньков отмирает из-за отсутствия достаточного притока углеводов после уборки надземной

массы и симбиотическая азотфиксация ослабляется. В этих условиях растения, потребляя азот удобрений, развивают более мощный листовой аппарат. Так, у трав IV года жизни под влиянием азотных удобрений (варианты СаРК и СаРКN₁) листовая поверхность увеличилась в 1-й укос на 9,4, а во 2-й — на 18,4%.

На слабоокультуренной почве с высокой кислотностью во все годы площадь листьев была в 2—2,7 раза меньше, чем на старопашотной, и составляла 10—22 тыс. м²/га. Внесение извести и фосфорно-калийных удобрений повысило этот показатель до 23—32 тыс. м²/га, или в 1,5—2,3 раза. Особенно эффективным было внесение азотных удобрений: в варианте СаРКN₁ площадь листьев достигла 35—43 тыс. м²/га.

С увеличением возраста трав площадь листьев заметно уменьшилась и на окультуренной (с 43—47 до 26—35 тыс. м²/га) и на слабоокультуренной (с 22—36 до 10—35 тыс. м²/га) почвах. Однако в вариантах с азотными удобрениями на слабоокультуренной почве снижение оказалось очень небольшим.

Важным показателем, характеризующим фотосинтетическую деятельность посевов, является содержание хлорофилла в листьях. В наших опытах (табл. 4) во все годы жизни трав в контроле на окультуренной почве оно было в 1,2—2,1 раза выше, чем на слабоокультуренной. Известкование и фосфорно-калийные удобрения по-разному влияли на этот показатель в зависимости от плодородия почвы. Так, на окультуренной почве при внесении СаРК в листьях люцерны II года жизни в фазу бутонизации содержалось хлорофилла на 11,8% больше, чем в контроле, на слабоокультуренной — на 26,2%. Азотные удобрения сильнее влияли на концентрацию зеленого пигмента в листьях люцерны на слабоокультуренной почве. В фазу бутонизации в варианте СаРКN₁ хлорофилла в них было в 1,3 раза больше, чем на окультуренной. Меньшие дозы азотных удобрений хотя и оказывали положительное влияние на содержание хлорофилла, но в значительно меньшей мере.

Концентрация хлорофилла изменялась и в течение вегетации. К фазе бутонизации она достигла максимального значения, а в периоды

Содержание хлорофилла в листьях люцерны (% на абсолютно сухое вещество) на окультуренной (в числителе) и слабоокультуренной (в знаменателе) почвах

Фаза развития	Контроль	Са	СаРК	СаРКN _{1/3}	СаРКN _{2/3}	СаРКN ₁
II год жизни						
Стебление	2,56	2,84	2,96	2,90	2,91	3,07
	1,26	1,38	1,49	1,50	1,58	1,96
Бутонизация	2,45	2,66	2,74	2,88	2,89	3,00
	1,68	2,06	2,12	2,34	2,76	2,85
Отрастание после укоса	2,06	2,18	2,34	2,40	2,75	2,78
	1,55	1,94	1,97	2,17	2,22	2,34
III год жизни						
Стебление	3,30	2,62	2,65	4,30	4,42	4,50
	1,79	1,98	2,00	2,35	2,54	2,79
Бутонизация	3,46	3,68	3,75	4,37	4,63	4,70
	1,68	1,82	1,88	1,89	2,28	2,50
Отрастание после укоса	2,33	2,32	2,36	2,64	2,81	3,10
	2,01	2,25	2,30	2,40	2,52	2,89
IV год жизни						
Стебление	2,19	2,45	2,47	2,60	2,97	3,00
	—	—	—	—	—	—
Бутонизация	2,18	2,35	2,39	2,49	2,93	2,98
	—	—	—	—	—	—
Отрастание после укоса	1,80	1,85	1,84	1,85	2,26	2,34
	—	—	—	—	—	—

послеукосного отрастания снижалась. В годы с обильными осадками содержание хлорофилла в листьях на окультуренной почве было в 1,4 раза, на слабоокультуренной — в 1,2 раза выше, чем в годы с дефицитом влаги в почве.

На фотосинтетический потенциал (ФСР) заметно влияло плодородие почвы (табл. 5). В среднем за 3 года на окультуренной почве в контрольном варианте ФСР был на 36 % выше, чем на слабоокультуренной. Известкование почвы и фосфорно-калийные удобрения оказались здесь малоэффективными, а на слабоокультуренной при известковании ФСР возрос на 25 %, в варианте СаРК — на 36 %. Причем

Т а б л и ц а 5

Фотосинтетический потенциал посевов люцерны (тыс. м²·дней/га) в среднем за 3 года на окультуренной (в числителе) и слабоокультуренной (в знаменателе) почвах

Вариант	Окультуренная почва			Слабоокультуренная почва		
	1-й укос	2-й укос	за вегета-цию	1-й укос	2-й укос	за вегета-цию
Контроль	956	791	1747	669	450	1119
Са	960	806	1766	942	540	1482
СаРК	993	801	1794	1092	661	1753
СаРКN _{1/3}	1034	931	1965	1202	777	1979
СаРКN _{2/3}	1053	1043	2296	1427	880	2307
СаРКN ₁	1100	1074	2374	1565	988	2554

Чистая продуктивность фотосинтеза люцерны (г/м² в сутки)
на окультуренной (Ок)
и слабоокультуренной (Сл) почвах

Укос	Контроль		Са		СаРК		СаРК _{1/3}		СаРК _{2/3}		СаРК ₁	
	Ок	Сл	Ок	Сл	Ок	Сл	Ок	Сл	Ок	Сл	Ок	Сл
II год жизни												
1	4,6	2,8	4,7	3,0	4,8	2,8	4,6	2,6	5,2	2,8	4,7	2,9
2	—	2,8	—	2,9	—	2,7	—	2,5	—	2,7	—	2,8
III год жизни												
1	3,9	2,6	4,2	3,0	4,0	2,8	3,6	2,9	3,7	2,6	3,7	2,9
2	4,3	2,5	4,3	2,5	4,4	2,4	4,2	2,3	4,1	2,1	4,2	2,5
IV год жизни												
1	3,8	1,6	4,0	1,7	4,4	1,7	4,5	1,8	4,3	2,0	4,6	1,6
2	2,5	1,2	2,8	1,2	3,2	1,3	2,5	1,3	2,3	1,8	2,5	1,2
3	2,9	—	2,9	—	3,0	—	3,0	—	2,5	—	2,7	—

в первый год вегетации люцерны в варианте с известкованием он увеличился в 1,9 раза, в варианте СаРК — в 2,7 раза в сравнении с контролем.

При внесении разных доз азотных удобрений по фону СаРК на плодородной почве повышение ФСП составило 9—25 %, на слабоокультуренной — 12—31 %. В том и другом случаях в период формирования 2-го укоса ФСП был всегда ниже, особенно на слабоокультуренной почве: соответственно 83—99 и 57—67 % от его значения при 1-м укосе.

Чистая продуктивность фотосинтеза зависела от плодородия почвы, возраста трав и фазы развития, но на нее в наших опытах не влияли известкование, фосфорно-калийные и азотные удобрения на обоих типах почв. Во все годы значение ЧПФ было выше на окультуренной почве (табл. 6). Оно увеличивалось в период интенсивного прироста сухого вещества. Так, если в фазу весеннего отрастания на II, III годы жизни люцерны на окультуренной почве ЧПФ составляла 2,6—2,9 г/м² в сутки, то в период от стеблевания до бутонизации — 6—9 г/м² в сутки. К фазе цветения ЧПФ снижалась из-за ослабления освещенности в посевах по мере увеличения листовой поверхности.

Во все годы урожай сена люцерны на окультуренной почве был в среднем в 2,3 раза выше, чем на слабоокультуренной, что соответ-

Таблица 7

Урожай сена люцерны (ц/га, в сумме за все укосы)

Год	Контроль	Са	СаРК	СаРК _{1/3}	СаРК _{2/3}	СаРК ₁	НСР ₀₅
Окультуренная почва							
1975	51	52	57	56	59	62	5,5
1976	101	105	109	110	111	116	6,6
1977	61	70	78	85	92	98	15,3
1978	79	87	90	93	99	102	8,6
В среднем	73	79	84	86	90	95	—
Слабоокультуренная почва							
1976	46	62	68	71	87	101	4,0
1977	38	53	58	66	74	89	6,3
1978	13	21	26	32	43	62	4,5
В среднем	32	45	51	56	68	84	—

вует бóльшим площади листьев и фотосинтетическому потенциалу (табл. 7).

Известкование и внесение фосфорно-калийных удобрений на более плодородной почве мало влияли на урожай. Азотные удобрения, внесенные в полной норме, только на III и IV годы пользования травами дали незначительную его прибавку. Растения на этой почве были, по видимому, в достаточной мере обеспечены симбиотическим азотом и не нуждались в азотных подкормках.

На слабоокультуренной почве урожай сена составил 13—46 ц/га в контроле. При известковании и внесении фосфорно-калийных удобрений он повысился в 1,6 раза, или на 19 ц/га. Азотные удобрения по фону СаРК способствовали росту урожая сена в 1,1—1,6 раза, или на 5—33 ц/га. На этой почве условия бобоворизобинального симбиоза были неблагоприятными, растения слабо обеспечивались биологическим азотом, поэтому внесение минеральных азотных удобрений повышало урожай.

Продуктивность работы листьев оценивают отношением урожая сена на 1 тыс. единиц фотосинтетического потенциала [8]. В наших опытах на окультуренной почве этот показатель составлял 3,9—4,7 кг, на слабоокультуренной — 2,8—3,3 кг и мало зависел от применяемых удобрений.

Выводы

1. В условиях Коми АССР у люцерны наибольшие ассимиляционная поверхность и содержание хлорофилла в листьях отмечено в посевах на старопашотной хорошо окультуренной почве с реакцией среды, близкой к нейтральной. Здесь урожай сена на неудобренных участках в среднем за 4 года составил 73 ц/га. На слабоокультуренной почве листовая поверхность в 2—2,7 раза меньше, урожай сена — 32 ц/га.

2. Внесение извести, фосфорно-калийных и азотных удобрений на окультуренной почве мало влияло на значения показателей фотосинтетической деятельности, урожай повышался незначительно; на слабоокультуренной — листовая поверхность увеличивалась в 1,5—2,3 раза, фотосинтетический потенциал — на 25—36 %, урожайность — в 1,6 раза, или на 13—19 ц/га. Азотные удобрения обеспечили увеличение площади листьев и повышение урожая сена на 5—33 ц/га.

3. Чистая продуктивность фотосинтеза во все годы была выше на окультуренной почве, она увеличивалась при интенсивном приросте сухого вещества от фаз весеннего и поукосного отрастания до бутонизации, а к фазе цветения снижалась из-за ослабления освещенности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аникеев В. В., Миллер М. С., Обухова Г. А., Сказкин Ф. Д. Летние практические занятия по физиологии растений. М.: Учпедгиз, 1960. — 2. Кашин М. А. Применение азотных удобрений под люцерну в зависимости от эффективности бобоворизобинального симбиоза. — Автореф. канд. дис. М., 1976. — 3. Любимова Е. Е., Шатилов И. С. Взаимосвязь минерального питания и фотосинтетической деятельности пастбищных трав. — Изв. ТСХА, 1969, вып. 2, с. 43—50. — 4. Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Чмора С. Н., Власова М. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Наука, 1961. — 5. Рубин Б. А. Физиология с.-х. растений. Т. 6. М.: Изд-во МГУ, 1970. — 6. Тарковский М. И. Люцерна. М.: Колос, 1974. — 7. Шатилов И. С., Бебина Т. П. Потребление элементов минерального питания клевером и люцерной в чистом и смешанном посевах. — Изв. ТСХА, 1968, вып. 2, с. 45—67. — 8. Шатилов И. С., Чаповская Г. В., Замаараев А. Г. Формирование площади листьев и урожая многолетних трав при разном уровне минерального питания. — В сб.: Биол. основы повышения продуктивности с.-х. растений. М.: Колос, 1974.

Статья поступила 27 мая 1982 г.

SUMMARY

In field experiments conducted on Experimental Station of Komi ASSR it was established that on podzol soil of different stages of cultivation liming and application of potash-phosphorous fertilizers on poorly cultivated soil increased photosynthetic activity and hay yield for 13—19 centner per hectar. On humas cultivated soil with pH close to neutral these factors showed less influence. Nitrogen fertilizers together with potash-phosphorous ones provided foliage increase, PhSP and hap yield increase only on poorly cultivated soils.