

А. Н. Угаров

**ДИНАМИКА ПОГЛОЩЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ**

С конца прошлого столетия и до наших дней проведено огромное количество исследований по поступлению питательных веществ в растения (Либшер, 1887; Егоров, 1923; Чижов, 1926, 1927; Сабинин, 1935, 1936, 1940; Домонтович, 1928, Авдолин, 1932, 1954; Демиденко, 1937 и многие другие). И несмотря на это, до сих пор нельзя считать решенными вопросы об оптимальных сроках и количествах питательных веществ, при которых растения давали бы наивысший урожай, раскрывая все свои внутренние потенциальные возможности. Это объясняется не только тем, что большинство исследований по питанию растений проводилось вегетационным методом и часто в водных культурах, результаты которых не всегда можно перенести на обычные почвенные условия произрастания растений, но еще и потому, что питание растений в разных почвенно-климатических зонах протекает при неодинаковых и часто меняющихся условиях внешней среды.

В результате проведенных исследований вскрыто большое количество закономерностей в питании растений и дано много рекомендаций для практики по рациональному применению удобрений.

Изучение динамики поглощения питательных элементов яровой пшеницей в условиях Восточной Сибири важно не только для разработки научно обоснованной системы удобрений этой культуры, но еще и потому, что таких данных по Восточной Сибири, за исключением однолетних наблюдений А. И. Кузнецовой (1938), совершенно не имеется.

Для восполнения этого пробела мы на протяжении ряда

лет изучали динамику поглощения яровой пшеницей из почвы питательных элементов на разных фонах.

Из-за большого объема материалов по изучению динамики поглощения питательных веществ яровой пшеницей и их однотипности в отношении закономерностей поглощения элементов пищи этой культурой, данные исследований приводятся за один 1955 г. и только по двум вариантам — удобренному и неудобренному.

Метеорологические условия 1955 г. были весьма благоприятными для посевов пшеницы как в отношении осадков, так и температур воздуха и почвы.

Результаты хода накопления азота, P_2O_5 , K_2O и золы яровой пшеницей изложены в таблице 1.

Наряду с изучением динамики поглощения питательных элементов целым растением, проводилось их определение и в различных органах растений — в листьях, стеблях, в колосе, и зернах (табл. 2). Кроме того, проводилось изучение хода накопления сухового вещества корнями и поступления в них элементов пищи в течение вегетации (табл. 3).

Для разработки научно обоснованной системы применения удобрений под любую культуру имеют большое значение не только показатели интенсивности потребления каждого питательного элемента растением в единицу времени в течение всего периода его роста, но и данные о соотношениях потребляемых растениями элементов во время вегетации, так как в совокупности эти показатели позволяют устанавливать наиболее оптимальные дозы и соотношения между вносимыми удобрениями с учетом почвенного плодородия и размеров использования растениями питательных элементов из вносимых удобрений.

В целях наиболее отчетливого и правильного представления об изменениях, претерпеваемых каждым элементом в течение вегетации, за 100 принята сумма N , P_2O_5 и K_2O , исходя из которой в каждый срок анализа вычислялась доля указанных элементов. При этом изменения соотношений питательных элементов у пшеницы показаны двумя способами: изменение соотношений N , P_2O_5 и K_2O по мере роста растений и изменение соотношений в усвояемых растениями питательных элементов за каждый отдельный период (табл. 4 и 5).

Для сравнения биологических выносов питательных элементов различными растениями нами проводился учет массы корней у яровой пшеницы, ячменя и овса и определялось со

Таблица 1

Ход накопления азотистых веществ яровой пшеницей по разным фазам
(Посев по пару 6 мая, сорт Лютецкене 62, 1955 г.)

Фазы развития	Дата	Контроль				N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀			
		в целом растении в %	в кг/га	ежеднев- ный при- рост в кг/га	% от макси- мального	в целом растении в %	в кг на га	ежеднев- ный прирост в кг/га	% от макси- мального
Всходы	27.V	4,223	2,7	0,27	4,1	4,681	3,74	0,37	3,0
Кущение	6.VI	3,662	7,5	0,48	11,39	4,123	10,46	0,67	8,3
Стеблевание	16.VI	3,214	12,94	0,51	19,65	3,684	18,99	0,85	15,2
Выход в трубку	28.VI	1,821	23,91	0,691	35,32	2,882	45,71	2,22	36,6
Колошение (начало)	8.VII	1,462	33,29	0,94	50,56	1,921	67,2	2,15	53,8
Цветение (конец)	19.VII	1,211	48,23	1,35	73,26	1,684	90,82	2,15	72,7
Молочная спелость (начало)	29.VII	1,042	65,83	1,76	100	1,377	124,88	3,41	100
Молочная спелость	9.VIII	0,881	65,41	—	99,3	1,1	124,31	—	99,5
Восковая спелость	19.VIII	0,878	62,0	—	94,1	1,060	122,48	—	98,1

Таблица 1а

Ход накопления P₂O₅ яровой пшеницей по разным фонам
(посев по пару 6 мая, сорт Лютеценс 62, 1955 г.)

Фазы развития	Дата	Контроль				N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀			
		в целом растении в %	в кг/га	ежеднев- ный при- рост, в кг/га	% от макси- мального	в целом растении, в %	в кг/га	ежеднев- ный при- рост в кг/га	% от макси- мального
Всходы	27.V	0,67	0,429	0,0429	1,6	0,78	0,624	0,0624	1,3
Кущение	6.VI	0,62	1,271	0,0842	4,6	0,75	1,905	0,1281	3,9
Стеблевание	16.VI	0,73	2,942	0,1671	10,7	0,80	4,128	0,2223	8,6
Выход в трубку	23.VI	0,63	8,273	0,4446	30,2	0,77	12,220	0,6743	25,4
Колошение (начало)	8.VII	0,65	14,820	0,6542	54,2	0,67	23,450	1,1230	48,7
Цветение (конец)	19.VII	0,46	18,336	0,3196	67,0	0,59	31,895	0,7678	66,3
Молочная спелость (начало)	29.VII	0,433	27,353	0,90117	100	0,531	48,07	1,6175	100
Молочная спелость	9.VIII	0,355	26,190	—	96,8	0,423	47,82	—	99,4
Восковая спелость	19.VIII	0,352	25,120	—	91,8	0,406	46,93	—	97,6

Таблица 1б

Ход накопления K₂O яровой пшеницей по разным фонам
(посев по пару 6 мая, сорт Лютеценс 62, 1955 г.)

Фазы развития	Дата	Контроль				N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀			
		в целом растении	в кг/га	ежеднев. прирост	% от макси- мального	в целом растении	в кг/га	ежеднев- ный при- рост в кг/га	% от макси- мального
Всходы	27.V	1,96	1,25	0,125	2,5	2,09	1,67	0,167	2,3
Кущение	6.VI	2,00	4,10	0,285	8,1	2,13	5,41	0,374	7,4
Стеблевание	16.VI	2,29	9,23	0,513	18,2	2,31	11,92	0,651	16,4
Выход в трубку	28.VI	1,76	23,13	1,16	45,7	1,8	28,72	1,400	39,6
Колошение (начало)	8.VII	1,658	36,02	1,29	71,2	1,59	55,65	2,693	76,8
Цветение (конец)	19.VII	1,27	50,62	1,33	100	1,34	72,44	1,53	100
Молочная спелость (начало)	29.VII	0,793	50,12	—	99,0	0,799	72,35	—	99,8
Молочная спелость	9.VIII	0,671	49,84	—	98,4	0,628	70,92	—	97,9
Восковая спелость	19.VIII	0,658	46,39	—	91,6	0,612	70,39	—	97,1

Таблица 1в

Ход накопления сырой золы яровой пшеницы по разным фонам
(посев по пару 6 мая, сорт Лютеценс 62, 1955 г.)

Фазы развития	Дата	Контроль				№ Р ₁₀ Кз			
		в целом		сжелезв- ный прирост в кг/га	в целом		сжелезв- ный прирост в кг/га	в целом	
		растения в %	в кг/га		растения в %	в кг/га		растения в %	в кг/га
Всходы	27.V	11,82	7,53	0,75	1,6	12,12	9,70	0,97	1,7
Кущение	6.VI	9,83	20,25	1,27	4,6	10,05	25,53	1,58	4,4
Стеблевание	16.VI	13,88	55,94	3,57	12,8	12,20	62,95	3,74	10,9
Выход в трубку	28.VI	12,19	160,18	8,68	36,7	11,82	187,58	10,38	32,5
Колошение (начало)	8.VII	11,38	259,24	9,90	59,4	10,02	350,70	16,31	60,9
Цветошение (конец)	19.VII	7,95	316,89	5,25	72,6	7,38	398,96	4,38	60,2
Молочная спелость (начало)	29.VII	6,54	412,91	9,60	94,6	5,98	542,31	14,33	94,1
Молочная спелость (конец)	9.VIII	5,63	417,61	0,42	95,7	5,01	570,56	2,56	93,1
Восковая спелость	19.VIII	6,19	436,35	1,87	100	5,13	576,00	0,55	100,0

держание в них азота, фосфора и калия. В таблице 6 показан вес корней растений в конце вегетации и содержание питательных элементов в надземных органах и корнях яровых зерновых культур.

Наряду с определением биологического выноса растениями питательных элементов, мы выявляли степень использования растениями азота, фосфора и калия из удобрений (табл. 7).

Данные о поступлении питательных веществ в растения пшеницы можно свести к следующим положениям.

1. В отношении общих потребностей растений в питательных элементах Восточная Сибирь мало чем отличается от других зон Союза. Потребности растений в питании являются более или менее одинаковыми и мало изменяются в различных условиях. Однотипными являются для всех районов страны и требования яровых злаков в отношении обеспечения их в ранний период вегетации азотом и фосфором. Недостаток этих элементов в ранний период вегетации яровых злаков отрицательно сказывается во все последующие периоды роста растений и в конечном счете — на высоте урожая. Не отличаются в Иркутской области яровые злаки и в отношении изменений процентного содержания питательных элементов во время вегетации. Здесь, как и в других зонах страны, процентное содержание питательных элементов в растениях пшеницы снижается по мере их развития, достигая своего минимума ко времени уборки.

2. При сравнительно близких потребностях растений яровой пшеницы в питательных элементах в различных условиях их произрастания и однотипном изменении процентного содержания питательных элементов в растениях ход накопления их растениями по почвенно-климатическим зонам имеет существенные различия.

3. В Иркутской области накопление питательных веществ яровыми злаками протекает во времени неравномерно. В начале вегетации оно идет медленно, а затем постепенно нарастает. Усиленное накопление питательных элементов растениями здесь совпадает с повышением температуры почвы и накоплением в ней азотной пищи, а применительно к фазам развития растений, оно начинается с момента колошения и продолжается до периода молочной спелости. Основная масса азота и фосфора (50—60%) потребляется пшеницей за 20—25 дней, когда происходит формирование зерна. Накопление основной массы калия заканчивается ко времени колоше-

Содержание азота, фосфора и калия в корнях пшеницы и ход накопления их корнями во время роста. Посев по пару, 1953 год

Фазы развития	Даты взятия проб	Фон	В % на сухой вес в слое				В кг/га в слое				% от макси- мального	
			0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80		
А з о т												
Кущение	6.VI	Контр. NPK	1,81 2,09	— —	— —	— —	1,14 1,72	— —	— —	— —	1,14 1,72	12,5 9,6
Стеблевание	16.VI	Контр. NPK	1,32 1,83	— —	— —	— —	1,72 2,99	— —	— —	— —	1,72 2,99	18,8 17,0
Трубкавание	28.VI	Контр. NPK	1,11 1,59	0,84 1,16	— —	— —	2,55 4,33	0,33 0,75	— —	— —	2,88 5,08	31,7 28,4
Цветение	19.VII	Контр. NPK	1,02 1,44	0,76 1,06	0,68 0,89	— —	7,37 14,58	1,43 2,72	0,29 0,58	— —	9,09 17,88	100,0 100,0
Восковая спелость	19.VIII	Контр. NPK	0,96 1,22	0,72 0,92	0,69 0,91	— —	6,19 11,27	1,27 2,50	0,40 0,47	— —	7,86 14,24	86,5 79,6
Ф о с ф о р												
Кущение	6.VI	Контр. NPK	0,71 0,84	— —	— —	— —	0,446 0,691	— —	— —	— —	0,446 0,691	16,0 13,3
Стеблевание	16.VI	Контр. NPK	0,57 0,62	— —	— —	— —	0,742 1,013	— —	— —	— —	0,742 1,013	26,5 19,5
Трубкавание	28.VI	Контр. NPK	0,44 0,51	0,23 0,34	— —	— —	1,010 1,387	0,072 0,218	— —	— —	1,082 1,605	38,7 30,9
Цветение	19.VII	Контр. NPK	0,34 0,44	0,18 0,24	следы 0,18	— —	2,455 4,456	0,339 0,615	— 0,118	— —	2,795 5,188	100,0 100,0
Восковая спелость	19.VIII	Контр. NPK	0,25 0,34	0,18 0,18	следы следы	— —	1,612 3,112	0,317 0,489	— —	— —	1,929 3,631	69,0 70,0

К а л и й

Кущение	6.VI	Контр. NPK	0,621 0,821	— —	— —	— —	0,391 0,676	— —	— —	— —	0,391 0,676	7,2 7,8
Стеблевание	16.VI	Контр. NPK	0,654 0,784	— —	— —	— —	0,852 1,281	— —	— —	— —	0,852 1,281	15,8 14,7
Трубкавание	28.VI	Контр. NPK	0,632 0,732	— —	— —	— —	1,451 1,992	— —	— —	— —	1,451 1,992	27,0 22,9
Цветение	9.VII	Контр. NPK	0,603 0,704	0,474 0,512	0,318 0,411	— —	4,356 7,127	0,893 1,312	0,136 0,269	— —	5,395 8,708	100,0 100,7
Восковая спелость	9.VIII	Контр. NPK	0,218 0,289	0,314 0,427	0,212 0,314	— —	1,406 2,671	0,553 1,159	0,141 0,227	— —	2,100 4,077	39,0 46,5

Таблица 4

Изменение соотношений N, P₂O₅ и K₂O у яровой пшеницы
Лютесценс 62 во время вегетации, 1955 г.

Фазы развития	Срок взятия проб	Контроль			N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Всходы	27/V	61	10	29	62	10	28
Кущение	6/VI	58	10	32	59	11	30
Стеблевание	16/VI	52	12	36	54	12	34
Трубкавание	28/VI	43	15	42	53	14	33
Колошение, начало	6/VII	40	18	42	46	16	38
Цветение, конец	19/VII	41	16	43	47	16	37
Молочная спелость, начало	29 VII	46	19	35	51	20	29
Молочная спелость, конец	9/VIII	46	19	35	51	20	29
Восковая спелость	19 VIII	46	19	35	51	20	29

Таблица 5

Изменение соотношений N, P₂O₅ и K₂O у яровой пшеницы
Лютесценс 62, усвояемых ею за отдельные периоды, 1955 г.

Периоды поглощения	Контроль			N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
От всходов до 27 мая	61	10	29	61	10	29
С 27 мая по 6 июня	56	10	34	57	11	32
С 6 июня по 16 июня	44	14	42	50	13	37
С 16 июня по 28 июня	36	18	46	52	16	32
С 28 июня по 8 июля	33	23	14	36	19	45
С 8 июля по 19 июля	45	11	44	49	13	48
С 19 июля по 29 июля	46	19	35	51	20	29

ния, а максимум его в урожае наблюдается в момент цветения, тогда как поглощение азота и фосфора наиболее интенсивно происходит в период между цветением растений и молочной спелостью.

Второе отличие в ходе накопления питательных элементов растениями яровой пшеницы в Иркутской области состоит в том, что оно нарастает плавно, без резких колебаний по восходящей кривой. Ко времени уборки урожая количество питательных веществ в растениях снижается в условиях Иркутской области меньше, чем в юго-восточных районах Союза (Чижев, 1926) и в центральной полосе страны (Проппи, 1959).

Таблица 6

Количество азота, фосфора и калия в надземных органах и корнях яровых зерновых культур в кг га (вес корней определялся в слое почвы 0—80 см)

Культура и фон	Урожай в ц/га		Вес корней в ц га	N		P ₂ O ₅		K ₂ O				
	зерна и половы	соломы		в надземных органах	в корнях	в надземных органах	в корнях	в надземных органах	в корнях	всего		
											всего	всего
1954 год												
Яровая пшеница Иркутская 49 контроль N ₄₀ P ₆₀ K ₃₀	18,2	25,2	8,9	65,4	15,2	81,6	27,0	1,5	28,5	35,8	1,4	37,2
	26,0	33,1	11,6	102,6	19,6	122,2	39,3	1,9	41,2	51,7	1,9	53,6
Ячмень контроль N ₁₅ P ₆₀ K ₃₀	22,8	18,6	11,9	51,4	25,4	76,8	26,7	2,7	29,4	37,3	3,7	41,0
	32,7	29,9	19,0	82,7	33,5	116,2	45,5	3,3	48,8	55,9	4,2	60,1
Овес контроль N ₄₀ P ₆₀ K ₃₀	27,5	36,7	9,8	81,1	17,0	98,1	44,3	1,6	45,9	65,9	2,0	67,9
	35,0	39,0	13,6	103,5	24,9	28,4	58,4	2,1	60,1	88,8	2,3	91,1
1955 год												
Яровая пшеница Скала контроль N ₆₀ P ₆₀ K ₁₀	26,0	41,5	8,9	62,0	7,9	69,9	25,1	1,9	27,0	46,4	2,1	48,5
	41,0	74,2	12,6	122,5	14,2	136,7	46,9	3,6	50,5	70,4	4,1	74,5

Таблица 7
Использование питательных элементов яровой пшеницей при внесении удобрений

Годы проведения опытов	Дозы удобрений	Поглощено растениями в кг/га												Коэффициент использования*	
		N				P ₂ O ₅				K ₂ O					
		с контроля	с удобрений	под влиянием удобрений	с контроля	с удобрений	под влиянием удобрений	с контроля	с удобрений	под влиянием удобрений	с контроля	с удобрений	под влиянием удобрений	K	P ₂ O ₅
1954	N ₄₅ P ₆₀ K ₃₀	81,6	122,2	40,6	28,5	41,2	12,7	37,2	58,6	16,4	90,2	21,2	51,7		
1955	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	69,9	136,7	66,6	27,0	50,5	23,5	48,5	74,5	26,0	111,3	39,2	86,7		

4. В отличие от Иркутской области, в районах с более мягким климатом (на юго-востоке и в центральной полосе страны) ход накопления азота и других питательных элементов происходит равномерно и основная масса их поглощается растениями в начальный период вегетации — кушение, трубкование. За это время (20 дней) яровая пшеница накапливает здесь до 70% азота, фосфора и калия, тогда как в Иркутской области с фазы трубкования начинается наиболее интенсивное поглощение растениями всех питательных веществ.

5. Внесение удобрений способствовало повышению содержания в растениях азота и фосфора и не оказало существенного влияния на содержание в них калия и сырой золы.

6. Из вегетативных органов растений листья отличаются наиболее высоким содержанием питательных элементов. С возрастом оно убывает и в то же время остается сравнительно высоким до начала формирования репродуктивных органов. С момента налива зерна содержание азота и фосфора в листьях сравнительно резко снижается.

Содержание питательных веществ в зерне более стабильное по сравнению с содержанием их в других органах растений. Наиболее высокое содержание азота и фосфора в зерне наблюдается в период молочной спелости, затем оно несколько снижается и с момента тестообразной целостности и до уборки остается более или менее постоянным. Калием зерно пшеницы не богато: содержание калия в зерне с момента формирования и до восковой спелости остается почти неизменным и не превышает 0,6—0,7%, в то время как содержание фосфора в зерне контрольного варианта колеблется от 1,06 до 1,12, а содержание азота не опускалось ниже 2,8%. Удобрения оказали положительное влияние на содержание в зерне азота и фосфора.

7. Как общую закономерность, можно отметить, что со времени налива зерна и перехода в него значительных количеств питательных веществ их содержание в вегетативных органах заметно снижается, особенно это касается азота и фосфора и в меньшей мере — калия. Интенсивное снижение калия в вегетативных органах пшеницы отмечается несколько раньше, чем начинается формирование зерна.

Наращение сухой массы корней у яровой пшеницы в начале вегетации идет медленно и значительно отстает от накопления сухой массы надземных органов. Интенсивное развитие корней начинается с периода трубкования и продолжается до цветения растений. После этого прирост корней пре-

кращается, в то время как надземная масса продолжает усиленно нарастать до фазы восковой спелости. В результате разрыв между массой корней и массой надземных органов все время возрастает и к моменту восковой спелости достигает своего максимума. В этот период общая масса корней в корнеобитаемом слое составила 8,9 ц на гектар, или 12,6% от массы надземных органов. Под влиянием удобрений масса корней возросла до 12,5 ц, или на 42%. Основная масса их (до 75%) сосредоточена в слое 0—20 см. На долю горизонтов 20—40 см приходится около 20%, а в горизонте 40—80 масса корней составила только 5%.

9. Содержание азота, фосфора и калия в корнях пшеницы в течение вегетации воспроизводит картину содержания этих элементов в надземных ее органах, но при значительно меньших величинах. По мере роста процентное содержание питательных элементов в корнях снижается и к концу вегетации оказывается близким к содержанию их в надземных органах, за исключением калия. Содержание азота в корнях к моменту уборки растений колебалось по вариантам от 0,96 до 1,22%, фосфора от 0,25 до 0,34. Содержание калия в корнях до 1,22, фосфора от 0,25 до 0,34%. Содержание калия в варианте с удобрениями до 0,289% и было в 3 раза ниже, чем в надземных органах. По мере углубления корней процентное содержание питательных веществ в них снижается, особенно большим это снижение оказывается в отношении фосфора. Удобрения способствовали повышению содержания в корнях питательных элементов.

10. При сравнительно небольшой разнице в содержании питательных элементов в корнях и в надземных органах в конце вегетации абсолютное количество их в корнях оказывается невелико, так как масса корней составляет к этому времени не более 12—15% от массы надземных органов. Общее количество азота по вариантам колебалось от 7,9 до 14,2 кг, фосфора — от 2 до 3,6 кг и калия от 2,1 до 4,4 кг на гектар.

11. Изучение изменений соотношений N, P₂O₅ и K₂O во время роста двух сортов яровой пшеницы (скоропелого и среднеспелого) показало, что соотношение питательных элементов у яровой пшеницы подчинено определенным закономерностям, является более или менее постоянным и мало зависит от условий произрастания растений.

Характерной особенностью яровой пшеницы является ее высокая потребность в азоте в течение всего периода вегета-

нии и особенно в ранние фазы роста и в период формирования зерна. Потребность в фосфоре возрастает по мере роста и развития растений, а интенсивное потребление калия происходит в довольно короткий период — в момент усиленного образования стеблей.

12. При разработке системы питания яровой пшеницы очень важно учитывать эту ее особенность.

Для получения урожая яровой пшеницы в условиях Иркутской области в 30 ц с гектара, по нашим многолетним данным и расчетам, с учетом климатических особенностей Восточной Сибири и эффективного плодородия почв, достаточно вносить 45—90 кг азота, 45—60 кг фосфора и не более 30 кг калия на гектар. При этом незначительную часть азота и фосфора (10 кг азота и 15 кг P_2O_5) необходимо вносить в рядки при посеве. Калием пшеница в основном обеспечивается за счет почвенных запасов, так как основная потребность в нем у яровой пшеницы совпадает со временем образования у нее мощной корневой системы.

ЛИТЕРАТУРА

Авдоини Н. С. Поступление питательных элементов в растение. «Химизация социалистического земледелия», 1932, № 9—10.

Авдоини Н. С. Подкормка сельскохозяйственных растений. Сельхозгиз, 1954.

Демиденко Т. П. Сроки поступления питательных веществ в яровую пшеницу в связи с подкормкой. «Химизация социалистического земледелия», 1937, № 3.

Домоштович М. К. Исследование о фосфорном питании культурных растений. Труды НИУ, вып. 52, 1928.

Егоров М. А. Вопросы зольного питания растений. Харьков, 1923.

Сабинин Д. А. Исследования в области минерального питания растений. Сборник работ под редакцией и с предисловием Д. А. Сабинина. Труды НИУИФ, вып. 130, 1936.

Сабинин Д. А. Основы процесса поступления элементов минерального питания и их круговорота в растениях. Тезисы докладов совещания по физиологии растений: АН СССР, 1940.

Сабинин Д. А., Колосов И. И. Исследования над поступлением веществ в растения. Труды ВИАА, вып. 8, 1935.

Чижев Б. А. Накопление сухого вещества зольных и азотистых веществ в культурных растениях в полевых условиях. «Опыт агрономии Юго-Востока», т. 3, вып. 1. 1926.

Чижев Б. А. Накопление сухого вещества, зольных и азотистых веществ у культурных растений. «Опыт агрономии». 1927.

Liebscher G. Journ. für Landw. 35, 335. 1887.