

УДК 633.11'324:631.81.033

СОДЕРЖАНИЕ И СООТНОШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ОТДЕЛЬНЫХ ОРГАНАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЗАПРОГРАММИРОВАННЫХ УРОЖАЕВ

И. С. ШАТИЛОВ, А. Г. ЗАМАРАЕВ, Ш. Б. ХАМЕТОВА

(Кафедра растениеводства)

Результаты исследований свидетельствуют о зависимости содержания основных элементов питания в отдельных органах озимой пшеницы от уровней плодородия почвы и минерального питания. Так, при внесении норм удобрений, рассчитанных на утилизацию растениями 2 и 3 % ФАР, на средне- и хорошоокультуренной почве содержание элементов минерального питания было выше, чем на слабо-, средне- и хорошоокультуренной почве без применения удобрений. При этом максимальное потребление и заметные изменения в соотношении элементов минерального питания по отдельным органам озимой пшеницы наиболее четко прослеживались в период интенсивного нарастания надземной массы.

Для максимальной реализации потенциальных возможностей сельскохозяйственных культур следует обеспечивать оптимальный уровень их сбалансированного питания различными элементами с учетом почвенно-климатических условий, сортовых особенностей, видов, технологии выращивания, а также целого ряда прочих факторов [4, 10, 19, 22].

При разработке технологических приемов управления питанием растений необходимо знание динамики потребления питательных веществ растением в онтогенезе. На это указывал еще К. А. Тимирязев: «Узнать потребности растений — вот об-

ласть теории, прибыльно для себя удовлетворить эти потребности — вот главная задача практики» [18].

Биологической наукой доказано, что неравномерность минерального питания связана с прохождением определенных этапов и фаз развития растений, их природной отзывчивостью на отдельные элементы питания [1, 17, 19].

Изучению системы питания озимой пшеницы посвящено много работ [1, 4, 10, 11, 22, 24]. На основании материалов длительных экспериментов была предложена общая схема математического моделирования питания в процессе роста и раз-

вития растений озимой пшеницы с целью последующего поиска метода программирования урожая [22].

Возрастает интерес исследователей к элементному химическому составу сельскохозяйственных культур. Вопрос о возможности использования показателей содержания и поглощения питательных веществ в онтогенезе для построения системы питания и применения удобрений разработан и освещен З. И. Журбицким [4, 5, 6].

Чаще данные о содержании питательных элементов используются для определения выноса их с урожаем и вовлечения в биологический кругооборот, несколько реже — с целью диагностики питания сельскохозяйственных растений [3, 12, 20, 21]. Иностранцы уделяют больше внимания изучению химического состава растений в связи с их питанием, взаимодействию ионов при поступлении в растения и их равновесию [26].

Сведений о влиянии минеральных удобрений на химический состав и соотношении элементов минерального питания в отдельных органах озимой пшеницы в процессе онтогенеза крайне мало. В связи с этим целью наших исследований явилось выявление указанных показателей при выращивании запрограммированных урожаев озимой пшеницы на разных по степени окультуренности поч-

воглинистой почве учебно-опытного хозяйства ТСХА «Михайловское» в полевых стационарных опытах с озимой пшеницей сорта Мироновская 808. Данные о чередовании сельскохозяйственных культур в изучаемом севообороте опубликованы ранее [23]. Севообороты заложены на слабо-, средне- и хорошоокультуренной почвах.

На слабоокультуренной почве озимая пшеница возделывалась без применения удобрений, гербицидов и известкования. На средне- и хорошоокультуренной почвах заложено по два варианта: 1 — без удобрений в том и другом случаях; 2 — расчетные дозы удобрений на утилизацію соответственно 2 и 3 % ФАР.

Размеры делянок на слабоокультуренной почве 360 м², повторность — 3-кратная. На средне- и хорошоокультуренной почве размер делянок соответственно 180 и 100 м², повторность — 4-кратная.

Агрохимическая характеристика слабоокультуренной почвы: рН — 4,5; содержание гумуса по Тюрину — 1,4 %; подвижных Р₂О₅ — 3,3; К₂О — 6,4 мг на 100 г; почвы средне- и хорошоокультуренной: рН — 6,5; содержание гумуса по Тюрину — соответственно 2 и 2,8 %; подвижных Р₂О₅ — 15 и 30; К₂О — 18 и 25 мг на 100 г. Ежегодно поля занятого пара и картофеля удобряли торфоаэрозным компостом из расчета 35 т/га. Фосфорно-калийные удобрения вносили под основную обработку, а азотные дробно: половину нормы — в начале выхода в трубку, остальное — в начале колошения. Агротехника в опыте была общепринятой и соответствовала рекомендациям для Нечерноземной зоны.

Накопление сухой массы в отдельных органах определяли по фазам развития озимой пшеницы весовым методом. Пробы растений (80—100 шт.) брали в 4-кратной повторности. Образцы взвешивали, а затем отдельно отбирали листья разных ярусов главных и боковых стеблей, главные и боковые стебли, колосья, зерна, корни (из слоя 0—20 см) и учитывали их массу. Эти пробы использовали также и для определения содержания элементов минерального питания: общего азота — фотокалориметрически по Кьельдалю, фосфора — по методу К. Е. Гинзбург, Г. М. Щегловой на ФЭК [15], калия, кальция и магния — на атомно-абсорбционном спектрофотометре по методу ЦИНАО [16]. Легкогидролизуемый азот в почве определяли по И. В. Тюрину, М. М. Кононовой;

Методика

Исследования проводились в 1987—1988 гг. на дерново-подзолистой средне-

подвижную фосфорную кислоту — по А. Т. Кирсанову, доступную растениям окись калия — по А. Л. Масловой и З. В. Чернышевой [2].

Метеорологические условия в годы проведения опытов различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков. Вегетационный период в 1987 г. был более благоприятным для роста и развития озимой пшеницы, чем в 1988 г. За май — август выпало 284 мм осадков, что на 12 мм больше нормы; среднесуточная температура воздуха приближалась к средней многолетней, но в июле и августе она была ниже нормы на 1,7—1,1° и составила 13,2—13,8 °С. В 1988 г. среднесуточная температура воздуха за май—август составила 17,0°, что на 2,1 °С выше нормы. За этот период выпало 255 мм осадков при норме 272 мм.

Результаты

Экспериментальные данные [7, 10, 14, 23] свидетельствуют о том, что прирост сухой массы озимой пшеницы от фазы кущения до начала выхода в трубку

идет слабо, затем следует ее интенсивное накопление до молочной или молочно-восковой спелости в зависимости от влажности года, после чего вследствие отмирания и опада вегетативных органов, оттока питательных веществ происходит ее уменьшение. Основываясь на этих положениях, мы выделили для изучения периоды максимального накопления сухой массы отдельными органами растений: для листьев нижних ярусов главных и боковых стеблей — выход в трубку — колошение; для предфлаговых и флаговых листьев этих стеблей, самих стеблей — колошение — молочная спелость, для колосьев — молочная — полная спелость (табл. 1).

Динамика накопления сухой массы в определенной степени

Таблица 1

Накопление сухой массы (ц/га) отдельными органами озимой пшеницы

Фаза развития*	Главный побег							Боковые побеги				
	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	10-й лист	Стебель	Колос	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	Стебель

Среднеокультуренная почва
Вариант 1

I	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	—	—	0,2	0,3	0,2	0,3	—
	0,6	0,4	0,6	1,9	1,4	4,9	—	—	0,5	0,8	1,0	4,7	—
II	0,8	0,2	0,8	1,6	1,0	5,3	3,4	—	0,4	0,5	0,7	2,6	1,2
	2,3	0,7	1,9	2,6	2,3	12,5	11,8	—	1,0	1,3	1,6	9,8	9,5
III	1,0	—	—	1,0	1,2	15,1	8,8	0,9	—	0,3	0,5	11,3	5,4
	5,9	—	—	2,0	2,9	18,9	13,1	1,1	—	1,6	2,7	15,0	13,8
IV	2,6	—	—	—	—	12,3	28,5	1,0	—	—	—	5,3	18,0
	6,2	—	—	—	—	20,8	25,1	5,0	—	—	—	18,5	21,9

Вариант 2

I	0,6	0,6	0,9	1,9	2,1	2,6	—	—	0,5	0,8	0,7	0,6	—
	1,0	0,5	1,7	2,4	1,9	6,0	—	—	0,6	1,1	1,8	5,1	—
II	0,9	0,3	1,1	2,9	2,8	15,7	5,1	—	0,6	2,4	2,0	12,7	3,5
	2,4	0,7	2,0	2,7	2,3	20,9	19,3	—	1,7	2,0	2,6	11,9	10,3

(см. продолжение стр. 6)

Фаза развития*	Главный побег							Боковые побеги					
	От-мер-шие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	10-й лист	Сте-бель	Ко-лос	От-мер-шие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	Сте-бель	Колос
III	1,2	—	2,3	2,6	3,6	27,8	12,5	1,6	—	2,1	3,2	26,8	11,9
	5,7	—	1,9	3,0	3,4	26,2	14,0	2,4	—	2,8	5,8	23,9	16,0
IV	2,8	—	—	—	—	25,5	51,7	1,9	—	—	—	17,2	30,5
	6,2	—	—	—	—	18,1	31,1	5,3	—	—	—	16,6	22,2

Хорошоокультуренная почва

В а р и а н т 1

I	0,4	0,4	0,5	0,7	0,3	0,3	—	—	0,2	0,4	0,2	0,3	—
	0,8	0,4	0,6	2,3	1,6	5,4	—	—	0,7	0,9	1,3	5,1	—
II	0,8	0,4	0,9	1,6	2,2	10,0	3,5	—	0,5	1,2	1,5	11,6	2,1
	2,5	0,7	2,0	2,7	2,4	19,6	12,6	—	1,8	2,0	1,9	15,2	10,0
III	0,9	—	—	1,3	1,3	21,7	10,9	1,1	—	0,5	0,7	16,5	9,0
	5,9	—	—	2,0	3,0	19,7	13,4	1,0	—	1,7	2,8	15,5	14,1
IV	3,0	—	—	—	—	21,5	40,8	1,7	—	—	—	5,6	10,5
	6,0	—	—	—	—	18,8	27,6	4,2	—	—	—	14,7	21,5

В а р и а н т 2

I	0,4	0,5	0,9	1,6	1,7	1,9	—	—	0,5	0,6	0,7	0,6	—
	1,0	0,6	1,9	2,5	2,0	7,7	—	—	0,9	1,2	1,8	7,6	—
II	0,9	0,5	1,2	2,6	2,7	12,0	6,8	—	0,9	1,2	2,1	11,9	2,9
	2,6	0,8	2,1	2,8	2,5	21,7	19,9	—	1,8	2,2	2,7	23,7	13,5
III	1,0	—	1,6	1,9	2,1	29,1	16,3	1,4	0,4	2,0	1,9	21,4	12,6
	6,1	—	2,4	3,1	3,5	27,1	18,3	4,7	1,9	3,0	6,0	26,6	17,1
IV	4,0	—	—	—	—	23,4	47,4	2,5	—	—	—	13,3	25,0

* Здесь и в последующих таблицах: I — выход в трубку, II — колошение, III — молочная спелость, IV — полная спелость; в числителе — 1987 г., в знаменателе — 1988 г.

влияла на концентрацию основных элементов питания в растениях.

Содержание азота изменялось в годы исследований в зависимости от уровня естественного плодородия почвы и минерального питания (табл. 2).

На средне- и хорошоокультуренной почвах в варианте 1 максимальное содержание этого элемента было выше, чем на слабоокультуренной; по органам главного стебля: в листьях — в 1,12 и 1,06 раза, в колосьях — в 1,04 и 1,15; в зернах — в

1,17—1,19; в главном стебле — в 1,05—1,15; в корнях — в 1,13—1,17 раза.

При внесении расчетных норм удобрений на утилизацию 2 и 3 % ФАР содержание азота в предфлаговых и флаговых листьях главного и боковых стеблей было выше, чем в 7—8-м листьях (разница 1,67 и 0,17; 1,93 и 0,19 %), и довольно устойчивым по фазам развития, что связано, во-первых, с большей продолжительностью жизни листа в вариантах с удобрениями, во-вторых, с достаточным

Таблица 2

Содержание азота (% на абсолютно сухую массу) в органах озимой пшеницы

Фаза разви- тия	Главный побег								Боковые побеги						
	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	10-й лист	Колос	Зерно*	Стебель	Корни*	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	Колос	Стебель
<i>Слабокультуренная почва, без удобрений</i>															
I	—	1,78	3,54	3,64	3,74	—	—	1,65	0,66	—	—	—	—	—	—
	—	1,54	3,41	3,52	4,07	—	—	2,15	1,20	—	—	—	—	—	—
II	—	1,28	2,97	3,33	3,62	1,43	—	1,25	0,45	—	—	—	—	—	—
	—	0,59	1,32	2,35	2,66	1,49	—	1,17	0,32	—	—	—	—	—	—
III	1,12	—	—	1,75	2,08	1,50	1,60	0,41	0,34	—	—	—	—	—	—
	0,61	—	—	1,42	1,95	1,62	1,72	0,58	0,24	—	—	—	—	—	—
IV	0,67	—	—	—	—	1,65	1,68	0,26	0,32	—	—	—	—	—	—
	0,50	—	—	—	—	1,85	1,85	0,17	0,17	—	—	—	—	—	—
<i>Среднекультуренная почва</i>															
Вариант 1															
I	—	2,24	3,14	3,30	3,83	—	—	1,78	0,74	—	—	2,71	4,35	—	1,47
	—	2,89	3,63	3,58	4,51	—	—	2,20	1,36	—	—	3,81	4,05	—	3,17
II	—	1,21	3,00	3,55	3,58	1,60	—	1,11	0,65	—	1,73	2,67	3,74	1,43	1,10
	—	0,88	1,64	2,43	2,95	1,38	—	0,32	0,37	—	1,35	2,39	2,49	1,38	0,41
III	1,68	—	—	2,11	3,09	1,76	2,01	0,91	0,55	1,54	—	—	3,33	1,85	0,80
	0,76	—	—	1,72	2,21	1,50	1,46	0,30	0,36	1,30	—	—	2,21	1,44	0,36
IV	1,00	—	—	—	—	1,93	2,17	0,47	0,47	1,52	—	—	—	1,87	0,36
	0,74	—	—	—	—	1,65	1,97	0,26	0,33	0,72	—	—	—	1,82	0,21
Вариант 2															
I	—	3,64	4,21	4,40	4,59	—	—	2,24	0,88	—	—	3,83	4,40	—	1,87
	—	3,41	4,46	4,49	4,57	—	—	3,67	1,31	—	—	4,35	4,57	—	3,63
II	—	1,51	3,30	3,54	4,40	1,79	—	1,10	0,78	—	2,07	3,40	4,21	2,01	1,27
	—	1,20	2,05	3,43	3,99	1,49	—	0,67	0,95	—	2,10	2,97	2,74	1,79	0,57
III	—	1,40	3,16	2,61	4,38	2,00	2,20	0,90	0,68	1,87	—	—	3,30	2,09	1,09
	—	0,80	1,75	2,49	2,81	2,13	1,88	0,53	0,76	2,49	—	—	2,81	1,91	0,53
IV	1,52	—	—	—	—	2,42	2,34	0,57	0,66	1,10	—	—	—	1,93	0,47
	0,81	—	—	—	—	2,26	2,50	0,38	0,64	0,64	—	—	—	2,13	0,36
<i>Хорошокультуренная почва</i>															
Вариант 1															
I	—	2,15	3,60	3,93	4,13	—	—	2,11	1,40	—	—	4,21	4,40	—	2,29
	—	3,36	3,47	3,52	3,96	—	—	2,48	1,06	—	—	3,91	3,69	—	2,53
II	—	1,76	3,16	3,48	4,17	1,73	—	1,49	0,78	—	3,07	4,07	4,33	1,65	1,24
	—	1,12	1,97	2,74	3,33	1,38	—	1,47	0,98	—	1,85	2,62	3,32	1,32	0,33
III	1,52	—	—	3,18	4,07	1,91	2,12	0,89	0,70	2,20	—	—	4,02	1,94	0,57
	0,83	—	—	1,09	2,31	1,78	1,88	0,57	0,66	1,65	—	—	2,26	1,54	0,32
IV	1,06	—	—	—	—	2,12	2,20	0,32	0,39	1,52	—	—	—	1,98	0,55
	0,63	—	—	—	—	2,04	2,14	0,46	0,53	0,83	—	—	—	1,97	0,30

см. продолжение стр. 8.

Вариант 2

I	—	4,17	1,35	4,48	4,63	—	—	2,95	1,60	—	—	4,68	4,87	—	3,22	
		3,36	4,38	4,51	4,62	—	—	3,52	0,88	—	—	4,40	4,54	—	3,61	
II	—	2,11	3,20	4,53	4,37	1,93	—	1,61	1,01	—	3,15	4,36	4,40	1,96	1,79	
		1,27	2,41	3,41	3,78	1,89	—	1,47	0,74	—	2,05	3,33	3,97	1,89	0,59	
III	—	0,99	2,31	3,61	4,21	1,99	2,18	0,95	0,95	2,22	—	—	3,67	2,09	0,74	
		0,94	2,07	2,87	3,15	2,07	2,17	0,65	0,70	1,77	—	—	3,43	2,06	0,53	
IV	1,49	—	—	—	—	2,42	2,37	0,32	0,55	2,15	—	—	—	—	2,20	0,56
	0,81	—	—	—	—	2,30	2,60	0,36	0,58	1,01	—	—	—	—	2,10	0,40

* Здесь и в последующих таблицах — зерно главного и боковых побегов, корневая система всего растения.

количеством питательных веществ в почве.

Что касается содержания азота в других органах, то оно во всех случаях было выше в вариантах 2 по сравнению с контролем: разница по корневой системе составила 0,22 и 0,20, по главному и боковому стеблям — 0,06 и 1,19, 0,15 и 0,46 %, по колосьям главного и боковых стеблей — 0,11 и 0,30, 0,47—0,22 %, по зерну — 0,42—0,23 %.

Содержание фосфора (элемента, который не зря называют спутником азота) в отдельных органах озимой пшеницы было аналогично содержанию азота. Так, на слабокультуренной почве оно в годы исследований было ниже во всех органах, чем на средне- и хорошокультуренной почвах (табл. 3): в 2 раза — в листьях и стеблях, в 1,1 раза — в репродуктивных органах, в 1,5 раза — в корневой системе. В вариантах 2 (применение расчетных норм удобрений на утилизацию 2 и 3 % ФАР) процентное содержание фосфора было выше в 1,2 раза в листьях главного

стебля и в колосьях боковых стеблей, в 1,5 раза — в боковых стеблях, чем в соответствующих вариантах 1.

Содержание калия в годы проведения исследований на средне- и хорошокультуренной почвах в вариантах 1 было в 1,2 раза выше в листьях, в колосьях, в зернах, в стеблях, в корневой системе озимой пшеницы, чем на слабокультуренной почве (табл. 4). Применение расчетных норм удобрений увеличивало содержание калия в 1,1 раза в листьях главного и бокового стебля, в колосьях этих стеблей; в 1,5 раза — самих стеблей и корневой системе.

Проблема кальциевого питания имеет особое значение, так как разнообразные почвы в большинстве своем содержат достаточное количество этого элемента, и поэтому растения редко испытывают его недостаток. В нашем опыте на средне- и хорошокультуренной почвах по сравнению со слабокультуренной в вариантах 1 содержание кальция было выше в 2 раза в генеративных органах, в стеблях и в корневой системе,

Содержание фосфора (% на абсолютно сухую массу) в органах озимой пшеницы

Фаза развития	Главный побег								Боковые побеги						
	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	10-й лист	Колос	Зерно*	Стебель	Корни*	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	Колос	Стебель
<i>Слабокультуренная почва, без удобрений</i>															
I	—	0,19	0,19	0,26	0,32	—	—	0,32	0,23	—	—	—	—	—	—
		0,22	0,24	0,24	0,25	—	—	0,34	0,20	—	—	—	—	—	—
II	—	0,11	0,14	0,24	0,30	0,44	—	0,28	0,22	—	—	—	—	—	—
		0,12	0,15	0,23	0,24	0,35	—	0,18	0,18	—	—	—	—	—	—
III	0,46	—	—	0,22	0,25	0,57	0,56	0,25	0,17	—	—	—	—	—	—
	0,09	—	—	0,13	0,17	0,46	0,56	0,14	0,19	—	—	—	—	—	—
IV	0,37	—	—	—	—	0,76	0,66	0,18	0,14	—	—	—	—	—	—
	0,10	—	—	—	—	0,49	0,59	0,07	0,14	—	—	—	—	—	—
<i>Среднекультуренная почва</i>															
Вариант 1															
I	—	0,32	0,42	0,44	0,67	—	—	0,57	0,23	—	—	0,43	0,62	—	0,61
		0,29	0,36	0,39	0,57	—	—	0,58	0,39	—	—	0,61	0,68	—	0,63
II	—	0,28	0,31	0,39	0,44	0,58	—	0,39	0,20	—	0,20	0,30	0,44	0,51	0,36
		0,25	0,33	0,37	0,50	0,45	—	0,26	0,20	—	0,22	0,42	0,48	0,34	0,29
III	0,21	—	—	0,25	0,31	0,67	0,76	0,32	0,18	0,28	—	—	0,24	0,58	0,32
	0,23	—	—	0,23	0,41	0,46	0,56	0,21	0,21	0,29	—	—	0,40	0,47	0,12
IV	0,14	—	—	—	—	0,80	0,83	0,21	0,12	0,24	—	—	—	0,81	0,26
	0,17	—	—	—	—	0,57	0,58	0,13	0,14	0,14	—	—	—	0,49	0,19
Вариант 2															
I	—	0,56	0,68	0,75	0,81	—	—	0,62	0,56	—	—	0,62	0,63	—	0,63
		0,66	0,72	0,69	0,84	—	—	0,63	0,41	—	—	0,70	0,76	—	0,75
II	—	0,29	0,50	0,61	0,77	0,61	—	0,41	0,39	—	0,29	0,39	0,58	0,78	0,48
		0,33	0,44	0,52	0,65	0,52	—	0,31	0,32	—	0,41	0,52	0,55	0,43	0,27
III	—	0,29	0,42	0,47	0,74	0,69	0,82	0,37	0,32	0,43	—	—	0,46	0,80	0,45
		0,30	0,36	0,42	0,54	0,54	0,77	0,23	0,28	0,30	—	—	0,52	0,49	0,24
IV	0,21	—	—	—	—	0,92	0,86	0,26	0,19	0,33	—	—	—	0,86	0,33
	0,17	—	—	—	—	0,62	0,81	0,21	0,17	0,17	—	—	—	0,59	0,21
<i>Хорошокультуренная почва</i>															
Вариант 1															
I	—	0,32	0,47	0,59	0,68	—	—	0,57	0,47	—	—	0,56	0,63	—	0,58
		0,42	0,44	0,47	0,63	—	—	0,76	0,25	—	—	0,44	0,54	—	0,70
II	—	0,30	0,34	0,51	0,64	0,61	—	0,39	0,34	—	0,28	0,28	0,48	0,70	0,39
		0,26	0,29	0,44	0,47	0,40	—	0,45	0,19	—	0,30	0,35	0,42	0,39	0,41
III	0,25	—	—	0,30	0,47	0,69	0,79	0,30	0,30	0,32	—	—	0,40	0,69	0,36
	0,26	—	—	0,31	0,39	0,47	0,56	0,17	0,15	0,29	—	—	0,33	0,45	0,34
IV	0,21	—	—	—	—	0,79	0,84	0,23	0,20	0,24	—	—	—	0,71	0,32
	0,20	—	—	—	—	0,59	0,75	0,14	0,14	0,20	—	—	—	0,49	0,19

Вариант 2

I	—	0,40	0,52	0,68	0,83	—	—	0,69	0,57	—	—	0,67	0,68	—	0,68
		0,46	0,59	0,67	0,91	—	—	0,90	0,31	—	—	0,62	0,74	—	0,85
II	—	0,30	0,48	0,61	0,80	0,70	—	0,48	0,48	—	0,34	0,48	0,57	0,82	0,53
		0,28	0,33	0,35	0,53	0,42	—	0,55	0,22	—	0,43	0,43	0,58	0,51	0,46
III	—	0,26	0,43	0,47	0,74	0,75	0,86	0,43	0,53	0,37	—	—	0,53	0,84	0,38
		0,21	0,36	0,43	0,50	0,70	0,79	0,52	0,20	0,31	—	—	0,52	0,50	0,36
IV	0,23	—	—	—	—	0,85	0,91	0,32	0,33	0,31	—	—	—	0,95	0,30
	0,21	—	—	—	—	0,78	0,84	0,22	0,18	0,21	—	—	—	0,76	0,21

в 1,3 раза выше — в листьях (табл. 5).

Внесение удобрений на этих почвах (варианты 2) способствовало увеличению содержания кальция в 1,2 раза в листьях главного стебля и в зерне; в 1,1 раза — в листьях боковых стеблей, в главном стебле, в колосе главного стебля; в 1,5 раза — в корневой системе и боковых стеблях.

Содержание магния, физиологическая роль которого многообразна (в частности, он входит в состав хлорофилла), на средне- и хорошоокультуренной почвах в вариантах 1 было выше, чем на слабоокультуренной почве, в 1,5 раза в листьях, корневой системе, в 1,2 раза — в колосьях озимой пшеницы (табл. 6). В вариантах 2 оно увеличилось

Таблица 4

Содержание калия (% на абсолютно сухую массу) в органах озимой пшеницы

Фаза развития	Главный побег							Боковые побеги						
	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	10-й лист	Колос	Зерно*	Стебель	Корни*	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	Колос

Слабоокультуренная почва, без удобрений

I	—	1,90	2,34	2,61	4,20	—	—	3,86	2,00	—	—	—	—	—	—
		1,56	2,28	3,28	3,03	—	—	3,22	1,45	—	—	—	—	—	—
II	—	1,53	2,32	2,49	2,64	2,10	—	2,77	1,35	—	—	—	—	—	—
		0,97	1,17	1,42	1,42	1,28	—	1,35	0,78	—	—	—	—	—	—
III	0,81	—	—	2,04	1,97	0,99	0,83	0,98	0,81	—	—	—	—	—	—
	0,74	—	—	1,39	1,35	0,99	0,96	1,14	0,64	—	—	—	—	—	—
IV	0,81	—	—	—	—	0,53	0,51	0,69	0,68	—	—	—	—	—	—
	0,34	—	—	—	—	0,47	0,48	0,59	0,65	—	—	—	—	—	—

Среднеокультуренная почва

Вариант 1

I	—	3,73	4,17	3,98	4,36	—	—	4,43	1,78	—	—	4,19	4,01	—	4,61
		2,65	2,79	2,97	3,37	—	—	3,51	1,79	—	—	2,79	3,17	—	3,54
II	—	1,97	2,93	3,78	3,47	2,37	—	3,54	1,71	—	3,38	3,50	3,37	2,32	3,38
		1,65	2,30	2,33	1,79	1,29	—	1,29	1,01	—	1,88	2,28	1,90	1,31	1,31
III	1,12	—	—	1,79	1,71	1,03	0,83	1,01	0,83	1,98	—	—	1,73	1,11	1,11
	1,10	—	—	1,86	1,32	1,16	1,01	0,95	0,89	1,75	—	—	1,46	1,08	0,98
IV	0,76	—	—	—	—	0,66	0,57	0,76	0,54	0,81	—	—	—	0,68	0,85
	0,35	—	—	—	—	0,52	0,51	0,53	0,44	0,40	—	—	—	0,51	0,52

В а р и а н т 2

I	—	4,94	4,64	4,35	4,14	—	—	4,76	2,07	—	—	4,71	4,46	—	4,71
		5,01	5,21	4,90	4,32	—	—	3,78	2,94	—	—	5,28	5,14	—	3,78
II	—	2,05	4,04	4,15	3,89	2,42	—	2,99	2,02	—	4,48	3,98	3,94	2,46	2,50
		2,65	3,16	2,73	2,00	1,45	—	1,96	1,72	—	2,89	2,94	2,21	1,50	1,89
III	—	1,50	3,11	2,79	3,63	1,01	0,79	1,69	1,68	2,28	—	—	2,60	1,12	1,71
		2,00	1,78	2,50	1,75	1,16	0,98	1,72	1,52	2,40	—	—	1,58	1,16	1,73
IV	0,99	—	—	—	—	0,64	0,5	0,95	0,92	0,99	—	—	—	0,68	0,99
	0,58	—	—	—	—	0,53	0,7	0,92	0,70	0,54	—	—	—	0,54	0,87

Хорошоокультуренная почва

В а р и а н т 1

I	—	3,55	3,86	3,91	3,88	—	—	2,94	2,65	—	—	3,87	3,89	—	4,25
		3,47	3,51	3,38	3,56	—	—	4,13	1,86	—	—	3,56	3,33	—	3,51
II	—	2,94	3,15	3,86	3,44	2,73	—	2,90	2,17	—	3,63	3,87	3,73	2,49	3,11
		1,98	2,65	2,55	1,82	1,33	—	1,41	1,08	—	2,42	2,48	1,86	1,41	1,44
III	0,99	—	—	2,84	1,46	1,12	0,85	1,52	0,96	2,66	—	—	2,46	1,22	1,61
	0,90	—	—	1,85	1,27	1,23	0,96	0,98	0,96	1,38	—	—	1,75	1,08	0,81
IV	0,75	—	—	—	—	0,64	0,55	0,91	0,77	0,84	—	—	—	0,67	0,89
	0,50	—	—	—	—	0,52	0,50	0,81	0,54	0,47	—	—	—	0,53	0,78

В а р и а н т 2

I	—	4,81	4,86	4,68	4,58	—	—	5,60	3,47	—	—	4,81	4,84	—	5,25
		4,88	5,09	4,86	4,57	—	—	5,56	3,01	—	—	4,88	5,06	—	5,64
II	—	2,05	4,10	4,57	4,06	2,81	—	3,86	2,17	—	4,51	4,82	4,82	2,53	2,52
		3,29	3,17	3,00	1,65	1,53	—	2,30	2,01	—	3,38	3,05	2,64	1,52	2,24
III	—	1,90	2,99	2,72	1,86	1,08	0,69	1,55	2,11	2,74	—	—	2,11	1,13	1,85
		1,75	2,76	1,72	1,27	1,06	0,96	1,58	1,56	2,30	—	—	1,56	1,09	1,61
IV	0,94	—	—	—	—	0,64	0,62	0,97	0,90	1,40	—	—	—	0,67	1,19
	0,59	—	—	—	—	0,57	0,58	0,94	0,81	0,54	—	—	—	0,55	0,92

Т а б л и ц а 5

Содержание кальция (% на абсолютно сухую массу) в органах озимой пшеницы

Фаза развития	Главный побег									Боковые побеги					
	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	10-й лист	Колос	Зерно*	Стебель	Корни*	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	Колос	Стебель
<i>Слабоокультуренная почва, без удобрений</i>															
I	—	0,58	0,62	0,62	0,62	—	—	0,24	0,07	—	—	—	—	—	—
		0,65	0,73	0,63	0,55	—	—	0,24	0,03	—	—	—	—	—	—
II	—	0,15	0,45	0,36	0,46	0,76	—	0,12	0,03	—	—	—	—	—	—
		0,74	0,75	0,77	0,80	0,18	—	0,35	0,07	—	—	—	—	—	—
III	0,45	—	—	0,81	1,01	0,20	0,09	0,23	0,09	—	—	—	—	—	—
	0,56	—	—	1,45	1,67	0,17	0,09	0,31	0,05	—	—	—	—	—	—
IV	0,77	—	—	—	—	0,03	0,04	0,26	0,02	—	—	—	—	—	—
	0,70	—	—	—	—	0,02	0,03	0,17	0,02	—	—	—	—	—	—

см. продолжение стр. 12

Среднеокультуренная почва

В а р и а н т 1

I	—	<u>0,86</u>	<u>0,75</u>	<u>0,58</u>	<u>0,40</u>	—	—	<u>0,28</u>	<u>0,07</u>	—	—	<u>0,83</u>	<u>0,55</u>	<u>0,20</u>	
		<u>0,89</u>	<u>0,94</u>	<u>0,55</u>	<u>0,36</u>	—	—	<u>0,20</u>	<u>0,08</u>	—	—	<u>0,92</u>	<u>0,68</u>	<u>0,24</u>	
II	—	<u>0,22</u>	<u>0,50</u>	<u>0,40</u>	<u>0,42</u>	<u>0,08</u>	—	<u>0,15</u>	<u>0,04</u>	—	<u>0,37</u>	<u>0,26</u>	<u>0,19</u>	<u>0,08</u>	<u>0,12</u>
		<u>0,77</u>	<u>0,78</u>	<u>0,80</u>	<u>0,86</u>	<u>0,23</u>	—	<u>0,28</u>	<u>0,11</u>	—	<u>0,74</u>	<u>0,77</u>	<u>1,08</u>	<u>0,28</u>	<u>0,23</u>
III	<u>0,58</u>	—	—	<u>0,78</u>	<u>1,21</u>	<u>0,21</u>	<u>0,09</u>	<u>0,21</u>	<u>0,11</u>	<u>0,49</u>	—	—	<u>0,68</u>	<u>0,20</u>	<u>0,23</u>
	<u>0,73</u>	—	—	<u>1,46</u>	<u>1,84</u>	<u>0,23</u>	<u>0,11</u>	<u>0,25</u>	<u>0,09</u>	<u>1,08</u>	—	—	<u>1,99</u>	<u>0,13</u>	<u>0,23</u>
IV	<u>0,55</u>	—	—	—	—	<u>0,06</u>	<u>0,03</u>	<u>0,26</u>	<u>0,02</u>	<u>0,51</u>	—	—	—	<u>0,08</u>	<u>0,19</u>
	<u>0,73</u>	—	—	—	—	<u>0,02</u>	<u>0,03</u>	<u>0,13</u>	<u>0,02</u>	<u>1,00</u>	—	—	—	<u>0,15</u>	<u>0,18</u>

В а р и а н т 2

I	—	<u>0,42</u>	<u>0,86</u>	<u>0,31</u>	<u>0,34</u>	—	—	<u>0,23</u>	<u>0,03</u>	—	—	<u>0,81</u>	<u>0,54</u>	<u>0,28</u>	
		<u>0,92</u>	<u>1,01</u>	<u>0,63</u>	<u>0,42</u>	—	—	<u>0,31</u>	<u>0,07</u>	—	—	<u>0,78</u>	<u>0,57</u>	<u>0,26</u>	
II	—	<u>0,32</u>	<u>0,47</u>	<u>0,33</u>	<u>0,37</u>	<u>0,09</u>	—	<u>0,19</u>	<u>0,03</u>	—	<u>0,23</u>	<u>0,35</u>	<u>0,34</u>	<u>0,07</u>	<u>0,18</u>
		<u>0,86</u>	<u>0,89</u>	<u>0,84</u>	<u>0,88</u>	<u>0,32</u>	—	<u>0,30</u>	<u>0,15</u>	—	<u>0,97</u>	<u>0,89</u>	<u>0,99</u>	<u>0,20</u>	<u>0,23</u>
III	—	<u>0,28</u>	<u>0,66</u>	<u>0,61</u>	<u>0,53</u>	<u>0,10</u>	<u>0,11</u>	<u>0,21</u>	<u>0,10</u>	<u>0,45</u>	—	—	<u>0,62</u>	<u>0,15</u>	<u>0,25</u>
		<u>0,92</u>	<u>1,33</u>	<u>1,75</u>	<u>1,95</u>	<u>0,28</u>	<u>0,12</u>	<u>0,12</u>	<u>0,19</u>	<u>1,35</u>	—	—	<u>1,41</u>	<u>0,14</u>	<u>0,25</u>
IV	<u>0,57</u>	—	—	—	—	<u>0,03</u>	<u>0,03</u>	<u>0,36</u>	<u>0,03</u>	<u>0,42</u>	—	—	—	<u>0,04</u>	<u>0,19</u>
	<u>0,55</u>	—	—	—	—	<u>0,03</u>	<u>0,02</u>	<u>0,28</u>	<u>0,04</u>	<u>0,54</u>	—	—	—	<u>0,02</u>	<u>0,30</u>

Хорошоокультуренная почва

В а р и а н т 1

I	—	<u>0,56</u>	<u>0,77</u>	<u>0,56</u>	<u>0,66</u>	—	—	<u>0,35</u>	<u>0,07</u>	—	—	<u>0,72</u>	<u>0,29</u>	<u>0,22</u>	
		<u>0,92</u>	<u>0,91</u>	<u>0,47</u>	<u>0,32</u>	—	—	<u>0,26</u>	<u>0,04</u>	—	—	<u>0,74</u>	<u>0,46</u>	<u>0,28</u>	
II	—	<u>0,24</u>	<u>0,47</u>	<u>0,50</u>	<u>0,42</u>	<u>0,08</u>	—	<u>0,21</u>	<u>0,04</u>	—	<u>0,41</u>	<u>0,37</u>	<u>0,35</u>	<u>0,07</u>	<u>0,17</u>
		<u>0,78</u>	<u>0,84</u>	<u>0,69</u>	<u>0,89</u>	<u>0,24</u>	—	<u>0,20</u>	<u>0,11</u>	—	<u>0,92</u>	<u>0,99</u>	<u>1,19</u>	<u>0,22</u>	<u>0,22</u>
III	<u>0,66</u>	—	—	<u>0,63</u>	<u>0,37</u>	<u>0,20</u>	<u>0,12</u>	<u>0,23</u>	<u>0,07</u>	<u>0,51</u>	—	—	<u>0,61</u>	<u>0,18</u>	<u>0,23</u>
	<u>0,62</u>	—	—	<u>1,54</u>	<u>1,86</u>	<u>0,23</u>	<u>0,13</u>	<u>0,19</u>	<u>0,08</u>	<u>2,02</u>	—	—	<u>1,67</u>	<u>0,11</u>	<u>0,22</u>
IV	<u>0,77</u>	—	—	—	—	<u>0,04</u>	<u>0,02</u>	<u>0,28</u>	<u>0,07</u>	<u>0,51</u>	—	—	—	<u>0,07</u>	<u>0,24</u>
	<u>0,92</u>	—	—	—	—	<u>0,03</u>	<u>0,03</u>	<u>0,21</u>	<u>0,04</u>	<u>0,84</u>	—	—	—	<u>0,03</u>	<u>0,20</u>

В а р и а н т 2

I	—	<u>0,77</u>	<u>0,74</u>	<u>0,45</u>	<u>0,34</u>	—	—	<u>0,34</u>	<u>0,09</u>	—	—	<u>0,55</u>	<u>0,34</u>	<u>0,28</u>	
		<u>0,96</u>	<u>1,08</u>	<u>0,70</u>	<u>0,37</u>	—	—	<u>0,39</u>	<u>0,04</u>	—	—	<u>0,84</u>	<u>0,57</u>	<u>0,39</u>	
II	—	<u>0,30</u>	<u>0,37</u>	<u>0,62</u>	<u>0,37</u>	<u>0,08</u>	—	<u>0,25</u>	<u>0,03</u>	—	<u>0,46</u>	<u>0,32</u>	<u>0,30</u>	<u>0,09</u>	<u>0,20</u>
		<u>0,97</u>	<u>0,97</u>	<u>1,07</u>	<u>1,12</u>	<u>0,31</u>	—	<u>0,24</u>	<u>0,12</u>	—	<u>0,80</u>	<u>1,00</u>	<u>0,99</u>	<u>0,26</u>	<u>0,26</u>
III	—	<u>0,61</u>	<u>0,57</u>	<u>0,46</u>	<u>0,55</u>	<u>0,13</u>	<u>0,11</u>	<u>0,24</u>	<u>0,13</u>	<u>0,61</u>	—	—	<u>0,63</u>	<u>0,15</u>	<u>0,22</u>
		<u>1,12</u>	<u>1,55</u>	<u>1,52</u>	<u>1,69</u>	<u>0,29</u>	<u>0,17</u>	<u>0,25</u>	<u>0,17</u>	<u>1,51</u>	—	—	<u>1,89</u>	<u>0,12</u>	<u>0,26</u>
IV	<u>1,09</u>	—	—	—	—	<u>0,08</u>	<u>0,02</u>	<u>0,37</u>	<u>0,04</u>	<u>0,58</u>	—	—	—	<u>0,07</u>	<u>0,25</u>
	<u>0,47</u>	—	—	—	—	<u>0,03</u>	<u>0,02</u>	<u>0,23</u>	<u>0,10</u>	<u>0,45</u>	—	—	—	<u>0,04</u>	<u>0,22</u>

по сравнению с соответствующими вариантами 1 в 1,2 раза в генеративных органах. В верхних трех листьях содержание магния возрастало во всех случаях почти по прямой от фазы выхода в трубку до молочной спелости, т. е. в периоды максимальной фотосинтетиче-

ской деятельности, что связано, видимо, с формированием репродуктивных органов.

Распределение основных элементов питания по отдельным органам озимой пшеницы в годы исследований можно представить в следующей убывающей последовательности: со-

Таблица 6

Содержание магния (% на абсолютно сухую массу) в органах озимой пшеницы

Фаза развития	Главный побег								Боковые побеги						
	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	10-й лист	Колос	Зерно*	Стебель	Корни*	Отмершие листья	7-й лист	8-й лист	9-й лист	Колос	Стебли
<i>Слабокультуренная почва, без удобрений</i>															
I	—	0,91	0,80	0,80	0,56	—	—	0,41	0,35	—	—	—	—	—	—
	—	0,47	0,48	0,53	0,45	—	—	0,32	0,35	—	—	—	—	—	—
II	—	0,30	0,62	0,43	0,56	0,13	—	0,15	0,12	—	—	—	—	—	
	—	0,51	0,59	0,59	0,64	0,34	—	0,30	0,24	—	—	—	—	—	
III	0,62	—	—	0,88	0,91	0,37	0,30	0,19	0,24	—	—	—	—	—	
	0,40	—	—	0,76	0,86	0,36	0,40	0,25	0,28	—	—	—	—	—	
IV	0,54	—	—	—	—	0,31	0,26	0,17	0,22	—	—	—	—	—	
	0,34	—	—	—	—	0,20	0,21	0,15	0,29	—	—	—	—	—	
<i>Среднекультуренная почва</i>															
Вариант 1															
I	—	0,66	0,54	0,47	0,37	—	—	0,32	0,26	—	—	0,56	0,47	—	0,35
	—	0,90	0,85	0,56	0,53	—	—	0,47	0,45	—	—	0,83	0,62	—	0,53
II	—	0,45	0,69	0,58	0,36	0,22	—	0,13	0,14	—	0,54	0,76	0,32	0,22	0,32
	—	0,58	0,62	0,72	0,78	0,34	—	0,30	0,35	—	0,56	0,72	0,78	0,35	0,29
III	0,91	—	—	1,25	1,52	0,34	0,32	0,32	0,40	1,09	—	—	1,25	0,40	0,30
	0,57	—	—	1,11	1,14	0,36	0,34	0,25	0,33	1,17	—	—	1,19	0,34	0,28
IV	1,05	—	—	—	—	0,32	0,40	0,43	0,32	0,78	—	—	—	0,37	0,34
	0,48	—	—	—	—	0,18	0,20	0,20	0,29	0,52	—	—	—	0,19	0,21
Вариант 2															
I	—	0,47	0,37	0,29	0,62	—	—	0,30	0,43	—	—	0,48	0,37	—	0,29
	—	0,51	0,48	0,41	0,41	—	—	0,45	0,42	—	—	0,48	0,43	—	0,45
II	—	0,30	0,48	0,43	0,41	0,40	—	0,13	0,18	—	0,32	0,47	0,43	0,43	0,19
	—	0,37	0,45	0,53	0,56	0,34	—	0,30	0,40	—	0,45	0,51	0,58	0,32	0,29
III	—	0,56	0,83	0,99	0,85	0,34	0,35	0,34	0,34	0,63	—	—	0,91	0,32	0,26
	—	0,41	0,61	0,69	0,87	0,39	0,35	0,26	0,36	0,75	—	—	0,78	0,33	0,25
IV	0,90	—	—	—	—	0,35	0,40	0,37	0,32	0,72	—	—	—	0,34	0,41
	0,35	—	—	—	—	0,21	0,22	0,21	0,24	0,35	—	—	—	0,21	0,21
<i>Хорошокультуренная почва</i>															
Вариант 1															
I	—	0,79	0,54	0,43	0,32	—	—	0,36	0,29	—	—	0,48	0,33	—	0,32
	—	0,66	0,64	0,46	0,43	—	—	0,45	0,45	—	—	0,59	0,47	—	0,45
II	—	0,43	0,54	0,62	0,56	0,17	—	0,22	0,19	—	0,58	0,59	0,48	0,15	0,17
	—	0,59	0,66	0,66	0,69	0,29	—	0,30	0,35	—	0,59	0,66	0,67	0,32	0,32
III	0,45	—	—	0,85	0,95	0,30	0,34	0,29	0,31	0,62	—	—	0,80	0,29	0,22
	0,47	—	—	0,97	1,05	0,33	0,34	0,25	0,32	1,06	—	—	1,07	0,32	0,22
IV	0,83	—	—	—	—	0,34	0,40	0,35	0,35	0,45	—	—	—	0,47	0,43
	0,42	—	—	—	—	0,19	0,21	0,19	0,28	0,42	—	—	—	0,21	0,21

см. продолжение стр. 14

В а р и а н т 2

I	—	0,40	0,34	0,29	0,26	—	—	0,32	0,35	—	—	0,32	0,26	—	0,30
		0,41	0,64	0,53	0,51	—	—	0,47	0,40	—	—	0,32	0,47	—	0,48
II	—	0,30	0,48	0,40	0,43	0,21	—	0,15	0,22	—	0,41	0,43	0,41	0,21	0,29
		0,47	0,53	0,59	0,59	0,32	—	0,32	0,40	—	0,48	0,62	0,64	0,34	0,34
III	—	0,62	0,66	0,75	0,96	0,34	0,35	0,33	0,37	0,64	—	—	0,90	0,29	0,21
		0,76	0,76	0,80	0,97	0,34	0,41	0,29	0,41	0,76	—	—	0,94	0,33	0,30
IV	0,97	—	—	—	—	0,43	0,47	0,45	0,41	0,80	—	—	—	0,45	0,43
	0,45	—	—	—	—	0,21	0,22	0,21	0,26	0,43	—	—	—	0,21	0,22

держание азота — физиологически активные листья > генеративные органы > стебли > корневая система > отмершие листья; содержание фосфора — генеративные органы > физиологически активные листья > > стебли > корневая система > отмершие листья; содержание калия — физиологически активные листья > стебли > > корневая система > генеративные органы > отмершие листья; содержание кальция — физиологически активные и отмершие листья > стебли > генеративные органы > корневая система; содержание магния — физиологически активные и отмершие листья > генеративные органы > стебли и корневая система.

Усиленное накопление элементов питания в начальные фазы развития шло в тех органах, где были более интенсивными процессы синтеза органического вещества, т. е. в листьях разных ярусов. Затем по мере роста и развития озимой пшеницы содержание азота, фосфора и магния в вегетативных органах снижалось, повышаясь в репродуктивных органах. Наши данные по этому вопросу согласуются с данными многих исследователей [8, 9, 13].

В отличие от фосфора, азота и магния калий преимущественно концентрировался в главном и боковых стеблях озимой пшеницы, что обеспечивает устойчивость к полеганию. В стеблях озимой пшеницы содержалось в 1,5 раза больше калия, чем в зерне. С возрастом растений процентное содержание калия в каждом отдельном органе снижалось.

Возрастание содержания кальция в отдельных органах озимой пшеницы явилось признаком их старения. Гидротермические условия 1988 г. способствовали ускоренному онтогенетическому отмиранию листьев озимой пшеницы. В связи с этим к концу вегетационного периода 1988 г. значение этого показателя для листьев разных ярусов увеличилось вдвое. В 1987 г. наблюдалось некоторое снижение содержания кальция и магния в отдельных органах озимой пшеницы от фазы трубкования до колошения в результате вымывания атмосферными осадками (выпало 88 % месячной нормы), а затем возрастание до фазы полной спелости [27]. Отмечалось также снижение содержания этих элементов в корневой системе озимой пшеницы к концу вегетации, по видимому, в связи с оттоком в

надземную часть растения [24].

Ряд исследователей отмечают, что нижние листья пшеницы непосредственно участвуют в формировании колоса, а предфлаговые и флаговые — в наливе зерна [13, 22]. Учитывая эту важную роль листьев разных ярусов, мы наблюдали изменение динамики содержания основных элементов питания в них в зависимости от уровня обеспеченности растений питательными веществами почвы, фазы развития и погодных условий.

В вариантах без удобрений в формировании фотосинтетического потенциала посева принимали примерно равное участие 7—10-й листья, а при внесении удобрений — в основном флаговые и предфлаговые листья. Причем на удобренных фонах содержание азота, фосфора, калия, кальция и магния в листьях было значительно выше, чем на неудобренных. Во флаговых и предфлаговых листьях независимо от уровней плодородия почвы и минерального питания содержание этих элементов было больше, чем в листьях нижних ярусов.

Наиболее высокое содержание азота, фосфора, калия наблюдалось в период интенсивного роста озимой пшеницы и формирования листового аппарата, т. е. в фазы трубкование — колошение, а кальция и магния — в фазы молочной — полной спелости.

Вегетационный период в 1987 г. способствовал более интенсивному накоплению основных элементов питания в листьях озимой пшеницы, чем в 1988 г. Следует также от-

метить, что в годы исследований озимая пшеница была оптимально обеспечена основными элементами питания, о чем свидетельствует химический состав листьев и надземной части растений [20, 21].

Соотношение элементов питания в растениях озимой пшеницы. В течение вегетации наряду с изменением содержания элементов питания в органах растений происходит изменение и их соотношения. Если в фазы трубкование — колошение соотношение элементов минерального питания ($N:P_2O_5:K_2O:CaO:MgO$) в среднем по вариантам составляло: в листьях главного стебля — 8:1:8:1,8:1,5, в его колосе — 3,3:1:3,8:0,4:0,6; в самом стебле — 3,6:1:6,7:0,7:0,8; в корневой системе — 3:1:6,4:0,3:1,1; в листьях, боковых стеблях — 7,4:1:8,2:1,5:1,2; в их колосьях — 3,2:1:3,7:0,4:0,6; в самих стеблях — 3,2:1:6,3:0,5:0,7, то в фазы молочной — полной спелости в результате перераспределения элементов питания по отдельным органам в процессе онтогенеза оно было уже другим. В поздние фазы развития озимой пшеницы в соотношении $N:P_2O_5:K_2O:CaO:MgO$ в листьях главного и боковых стеблей, в их колосьях, в самих стеблях, в корневой системе доли азота и калия уменьшились в 1,4 раза, а доли кальция и магния увеличились в 2 раза в листьях, стеблях и корневой системе. В колосе озимой пшеницы доли кальция и магния с возрастом растений изменялись незначительно.

В соотношении элементов минерального питания по ва-

риантам опыта также наблюдались различия. В вариантах 2 на средне- и хорошоокультуренной почвах соотношение элементов питания было более узким, чем в вариантах 1: в листьях — 6:1,6,4:2:1,4; в колосе — 3,2:1:2,4:0,4:0,6; в стебле — 2,5:1:5,8:0,9:1,2; в корневой системе — 2,8:1:5,7:0,4:2,2. Доли кальция, магния в колосьях, стебле и корневой системе растений не зависели от фона удобрения, но изменялись с возрастом растений. Отсюда следует, что необходимо применять такую систему удобрения, которая основывалась бы на возрастных потребностях растений в элементах минерального питания.

Выводы

1. Процентное содержание азота в отдельных органах озимой пшеницы практически одинаково на слабо-, средне- и хорошоокультуренной почвах. При внесении удобрений на утилизацию 2 и 3 % ФАР на средне- и хорошоокультуренной почвах наблюдалось заметное его увеличение, тогда как содержание фосфора и калия находилось в прямой зависимости от уровня окультуренности почвы: чем он был выше, тем больше содержалось этих элементов в отдельных органах озимой пшеницы.

2. Плодородие почвы оказывает значительное влияние на соотношение между азотом, фосфором и калием (за единицу принято количество фосфора). На слабоокультуренной почве высокие значения соотношений элементов минерального пита-

ния характерны для листьев и стеблей и достигали между азотом и фосфором 15—16 единиц, между фосфором и калием — 12—13 единиц (вследствие низкого содержания фосфора в почвенном растворе и в этих органах озимой пшеницы); на неудобренных фонах средне- и хорошоокультуренной почв они соответственно составляли 7—10 и 6—9 единиц.

При внесении расчетных норм удобрений на утилизацию 2 и 3 % ФАР на средне- и хорошоокультуренной почвах отмечалось некоторое повышение процентного содержания азота по сравнению с данным показателем на неудобренных фонах этих почв. По соотношению между кальцием и фосфором резких различий не наблюдалось, между магнием и фосфором наиболее широкое соотношение было на слабоокультуренной почве.

3. Диапазон колебаний в соотношении элементов минерального питания по фазам развития озимой пшеницы определяется генотипом растения. Если в молодом возрасте растения он широк, то к концу вегетации эти различия сглаживаются.

4. Потребление элементов питания на единицу сухого веса надземной массы было практически одинаково и по вариантам с применением удобрений колебания составило: по азоту — 3,44—3,43; фосфору — 1,40—1,48; калию — 2,72—2,90 кг. Лишь на почве с очень низким уровнем плодородия прослеживается достоверная разница в невысоком содержании этих

элементов на единицу урожая (N — 2,02; P₂O₅ — 0,75; K₂O — 1,24 кг).

5. Максимальное потребление и заметные изменения в соотношении элементов минерального питания по отдельным органам озимой пшеницы наиболее четко наблюдаются в период интенсивного нарастания надземной массы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин Н. С. Научные основы применения удобрений.— М.: Колос, 1972.— 2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв.— М.: Изд-во МГУ, 1980.— 3. Болдырев Н. К. Физиологические основы листовой диагностики питания и качества зерна яровой пшеницы.— В кн.: Физиологическое обоснование системы питания растений.— М.: Наука, 1964, с. 317—324.— 4. Журбицкий З. И. Питание растений.— М.: Знание, 1961.— 5. Журбицкий З. И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений.— М.: Изд-во АН СССР, 1963.— 6. Журбицкий З. И. Физиологическое обоснование системы питания растений.— М.: Наука, 1964.— 7. Замаараев А. Г., Чаповская Т. В., Смоленцев В. Б. Фотосинтетическая деятельность озимой пшеницы при разном уровне минерального питания.— Изв. ТСХА, 1986, вып. 1, с. 45—53.— 8. Карцева А. Н. Реутилизация фосфора и азота в растениях озимой и яровой пшеницы.— Агрохимия, 1967, № 2, с. 21—29.— 9. Колесник Т. К., Павлов А. Н. О роли вегетативных органов в накоплении веществ зерна пшеницы при разных уровнях азотного питания.— Агрохимия, 1977, № 3, с. 9—14.— 10. Морару С. А. Озимая пшеница.— Кишинев: Картя Молдовеняске, 1987.— 11. Минеев В. Г. Удобрение озимой пшеницы.— М.: Колос, 1979.— 12. Магницкий К. П. Полевой контроль питания растения.— М.: Знание,

1958.— 13. Павлов А. Н. Об оттоке азота из вегетативных органов в зерно у пшеницы и кукурузы.— С.-х. биология, 1969, т. 4, № 2, с. 230—236.— 14. Прево П., Олланье М. Закон минимума и сбалансированное минеральное питание.— В кн.: Анализ растений и проблемы урожая.— М.: Наука, 1964, с. 247—270.— 15. Практикум по агрохимической химии.— М.: Колос, 1968.— 16. Практикум по агрохимии / Под ред. Б. А. Ягодина.— М.: Агропромиздат, 1987.— 17. Сабинин Д. А. Минеральное питание растений.— М.: Изд-во АН СССР, 1940.— 18. Тимирязев К. А. Избр. соч. Т. 1.— М.: Сельхозгиз, 1948.— 19. Физиологические основы повышения интенсивности минерального питания растений.— Киев: Наукова думка, 1987.— 20. Церлинг В. В. Диагностика питания растений и потребности их в удобрениях.— В кн.: Физиолог. обоснование системы питания растений и потребности их в удобрениях.— М.: Наука, 1964, с. 298—305.— 21. Церлинг В. В. Агрохимические основы диагностики минерального питания с.-х. культур.— М.: Наука, 1978.— 22. Шатилов И. С., Замаараев А. Г. и др. Математические модели минерального питания озимой пшеницы.— Изв. ТСХА, 1987, вып. 3, с. 3—10.— 23. Шатилов И. С., Замаараев А. Г., Чаповская Г. В. Формирование и продуктивность работы фотосинтетического аппарата с.-х. растений в севообороте.— Изв. ТСХА, 1969, вып. 6, с. 18—26.— 24. Шатилов И. С., Сафонов А. Ф. Содержание N, P, K в корневой системе озимой пшеницы.— Изв. ТСХА, 1972, вып. 4, с. 223—226.— 25. Шатилов И. С. Руководство по программированию урожая.— М.: Россельхозиздат, 1986.— 26. Эмерт Ф. Влияние взаимодействия ионов на состав растительной ткани.— В кн.: Анализ растений и проблемы урожая.— М.: 1964, с. 25—39.— 27. Arens K.— Die kutikuläre Exkretion des Laub-blätter. Jahrb. Wiss. Bot., 1934, N 80.

Статья поступила 2 августа 1989 г.