

Г. А. Угаров, Л. Н. Костюхин

### ПОГЛОЩЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АЗОТА И ФОСФОРА ПО ОРГАНАМ В ОНТОГЕНЕЗЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Одним из моментов управления минеральным питанием является знание потребностей культуры в его элементах на всех этапах ее онтогенеза.

Минеральное питание яровой пшеницы в условиях юга. Восточной Сибири изучали Угаров (1965), Кузнецова (1938) и др.

В 1964—1965 гг. нами исследовалось поглощение азота и фосфора яровой пшеницей в связи с ее ростом в полевых условиях и распределение этих элементов по ее метамерным органам. Некоторые результаты этих исследований приводятся ниже.

О росте яровой пшеницы сорта Скала мы судили по приросту сухого вещества в целом растении и его отдельных органах на основных этапах онтогенеза. Одновременно определялось содержание азота и фосфора в органах и целом растении. Все расчеты по фосфору велись на его пятиокись, по азоту — на элементарный.

Пшеница выращивалась в полевом опыте на серой лесной почве в Иркутской области. Образцы на определение сухого веса и содержания азота и фосфора в растении брались в 4-кратной повторности.

Характер накопления азота, фосфора и сухого вещества можно видеть из таблицы 1. Поглощение азота заканчивается к концу цветения, фосфора — в молочно-восковой спелости, а накопление сухого вещества продолжается до фазы восковой спелости, следовательно, накопление азота и фосфора по сравнению с сухим веществом заканчивается более рано.

В начале роста (фаза 2 листьев) содержание азота в рас-

Накопление азота, фосфора и сухого вещества в процессе роста яровой пшеницы (в процентах от максимального)

Фенофаза	Листья			Стебель			Соцветие			Целое растение		
	N	P	сухой вес	N	P	сухой вес	N	P	сухой вес	N	P	сухой вес
2-й лист	13,6	11,4	6,0							5,3	2,3	1,1
3-й лист	23,2	20,7	11,1							9,1	4,2	2,1
4-й лист	35,7	26,1	17,3							13,9	5,3	3,3
5-й лист	61,1	48,5	31,4							23,8	9,9	5,9
6-й лист	79,9	68,1	60,5	6,9	4,3	3,4				33,9	15,6	13,2
7-й лист	85,5	86,2	85,1	15,3	11,4	12,0	5,6	6,7	2,6	44,2	27,6	23,4
Колошение	100	97,8	99,4	37,2	36,0	35,9	13,0	22,1	16,4	65,0	52,3	45,2
Начало цветения	89,6	100,0	100,0	74,8	79,0	68,3	18,2	26,8	20,1	82,9	73,1	63,6
Конец цветения	89,6	80,9	98,6	100,0	100,0	98,2	29,3	29,7	31,8	99,8	80,8	83,7
Молочная спелость	82,6	77,5	98,0	74,4	78,7	100,0	38,0	53,7	43,6	97,6	91,0	90,8
Молочно-восковая спелость	61,6	(0,2)	86,8	58,0	56,5	93,0	60,1	80,2	61,1	97,8	100,0	94,4
Восковая спелость	13,7	15,0	51,6	28,7	27,1	75,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,8	100,0

тении (в процентах от максимума за вегетацию) превышает аналогичный показатель для сухого вещества почти в 5 раз, а содержание фосфора—более чем в 2 раз. В фазу кушения темп накопления сухого вещества незначительно превышает таковой для азота и фосфора, поэтому содержание в растениях этих элементов (в процентах) в указанный период уменьшается медленно (табл. 2).

С началом фазы трубкования темп накопления азота и фосфора падает, а сухого вещества остается, примерно, на прежнем уровне, что влечет за собой резкое уменьшение концентрации азота и фосфора в растении. К началу цветения в растении накапливается сухого вещества 63,8%, азота 82,9%, а фосфора — 73,1% от максимума. Такая же примерно тенденция в отношении темпов накопления азота, фосфора и сухого вещества отмечается для листьев. Максимум азота, фосфора и сухого вещества в листьях отмечается в период колошения. Что касается стебля, то только в начале его роста процент накопленного азота и фосфора выше по сравнению с процентом сухого вещества. В связи с быстрым ростом стебля перед колошением содержание азота, фосфора и сухого вещества в нем (в процентах от максимума) выравнивается и в дальнейшем темпы накопления их одинаковы. К концу цветения содержание азота, фосфора и сухого вещества в стебле достигает максимума. В соцветии в начале роста наибольший процент накопления от максимума отмечается для фосфора, продолжая оставаться таковым до конца созревания. В связи с быстрым ростом соцветия в фазу колошения проценты накопленного азота и сухого вещества почти выравниваются, оставаясь примерно одинаковыми до созревания. Отток азота и фосфора из листьев и стебля в соцветие по сравнению с сухим веществом идет относительно быстрее.

В первоначальный период для яровой пшеницы характерно высокое процентное содержание азота и фосфора (табл. 2).

В период дифференциации соцветия (фаза 3 листьев) пшеница содержит, как видно из таблицы 2, азота — 4,67%, фосфора — 0,81%, а отношение азота к фосфору — 5,8. К началу роста стебля содержание азота и фосфора в сухом веществе резко снижается, а отношение азота к фосфору сужается.

В процессе дальнейшего развития пшеницы происходит постепенное уменьшение содержания азота до 1,09% в воско-

Содержание азота и фосфора в яровой пшенице в онтогенезе  
(в процентах к сухому весу)

Фенофаза	Листья			Стебель			Соцветие			Целое растение		
	N	P	сухой вес	N	P	сухой вес	N	P	сухой вес	N	P	сухой вес
2-й лист	5,07	0,83	6,1							5,07	0,83	6,1
3-й лист	4,67	0,81	5,8							4,67	0,81	5,8
4-й лист	4,62	0,65	7,0							4,62	0,65	7,0
5-й лист	4,37	0,66	6,6							4,37	0,66	6,6
6-й лист	2,94	0,49	6,1	1,83	0,42	4,3				2,81	0,48	5,8
7-й лист	2,24	0,44	5,1	1,14	0,30	3,8	3,90	1,69	2,3	2,05	0,47	4,3
Колошение	2,25	0,43	5,3	0,94	0,33	2,8	1,34	0,82	1,6	1,56	0,47	3,3
Начало цветения	2,14	0,43	4,9	0,99	0,38	2,6	1,48	0,78	1,9	1,41	0,47	3,0
Конец цветения	2,04	0,38	5,3	0,92	0,34	2,7	1,57	0,57	2,7	1,32	0,39	3,3
Молочная спелость	1,88	0,34	5,5	0,67	0,26	2,6	1,48	0,75	2,0	1,13	0,40	2,8
Молочно-восковая спелость	1,61	0,31	4,9	0,56	0,20	2,8	1,58	0,80	2,0	1,13	0,43	2,6
Восковая спелость	0,55	0,13	4,2	0,34	0,12	2,9	1,70	0,61	2,8	1,09	0,38	2,9

вую спелость. Содержание фосфора от начала роста стебля до начала цветения остается постоянным, несколько уменьшаясь во время формирования зерна.

В фазу трубкования отношение азота к фосфору равно 4,2, в цветение — 3,0 и в дальнейшем почти не меняется. В кушечнике в листьях содержание азота и фосфора и их соотношение то же, что и в целом растении, по вполне понятным причинам. С началом роста стебля содержание азота и фосфора в листьях резко падает, что связано с быстрым нарастанием сухого вещества листьев и перехватом части азота и фосфора стеблем. Но соотношение азота к фосфору в этот период сужается незначительно. С фазы 7 листа и до цветения содержание азота и фосфора в листьях и их соотношение остается постоянным, после чего постепенно снижается.

В стебле в связи с его ростом до колошения содержание азота и фосфора уменьшается и снижается их соотношение, а этап колошение — цветение характеризуется стабильностью в отношении содержания азота и фосфора и их соотношения. С момента начала формирования зерна содержание азота и фосфора в стебле падает, а их соотношение несколько увеличивается.

С ростом соцветия содержание азота и фосфора в нем снижается до конца цветения, после чего у азота оно медленно повышается до наступления восковой спелости, а у фосфора — до молочно-восковой спелости; в восковую спелость содержание фосфора падает. Соотношение азота к фосфору в соцветии колеблется около 2, повышаясь к концу созревания к 2,8.

О характере распределения азота и фосфора по листьям, междоузлиям и в соцветии можно судить на основании данных таблиц 3 и 4.

Как существенную особенность здесь следует выделить то, что реутилизация фосфора из листьев и стебля в соцветие идет значительно быстрее по сравнению с азотом. Так, в колошение в листьях содержится 59,8% азота от общего его содержания в растении, а фосфора — 38,1%, в то время как в соцветии азота содержится 18,6%, фосфора — 34,9%.

Подводя итог всему изложенному, следует указать на сжатые сроки накопления азота в растении и более растянутые — фосфора, а также на то, что значительная часть сухого вещества накапливается уже после перехода растения в репродук-

Таблица 3

Содержание азота в органах яровой пшеницы в онтогенезе  
(в процентах к содержанию в целом растении)

Фенофаза	Листья, начиная снизу							Междоузлия, начиная снизу					Листья	Стебель	Сливетие			
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	1-е	2-е	3-е	4-е	5-е						
	2-й лист	56,3	38,4	5,3					3,8	4,6							91,6	8,4
3-й лист	32,7	39,2	25,3	2,8				1,7	3,8				75,7	14,0				
4-й лист	21,9	32,0	33,6	12,5				1,2	2,8				59,8	23,4				
5-й лист	9,4	16,5	25,9	31,2	17,0			0,8	2,2				44,9	36,5				
6-й лист	4,1	6,5	13,2	18,4	25,0	24,4		0,6	1,7				35,0	40,5				
7-й лист	0,8	1,7	6,3	11,1	17,3	20,7	17,8	0,5	2,0				34,1	32,2				
Колошение			2,7	7,9	13,2	18,0	18,0										10,3	
Начало цветения			0,9	2,8	6,5	14,3	20,4											16,8
Конец цветения				1,8	4,8	11,6	16,5											18,6
Молочная спелость				1,1	4,2	11,0	17,8											24,5
Молочно-восковая спелость					1,7	7,3	15,7											3,7
Восковая спелость						1,6	3,4											51,5
								0,4	1,4	1,5	3,6	4,6	5,0					83,5

Таблица 4

Содержание фосфора в органах яровой пшеницы в онтогенезе  
(в процентах к содержанию в целом растении)

Фенофаза	Листья, начиная снизу							Междоузлия, начиная снизу					Листья	Стебель	Соцветие
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	1-е	2-е	3-е	4-е	5-е			
	2-й лист	45,4	44,6	10,0					4,7	6,6					
3-й лист	22,0	34,3	36,9	6,8				1,6	4,0				100		
4-й лист	15,9	27,1	29,8	27,2				0,7	3,1				100		
5-й лист	6,1	11,1	16,9	35,0	30,9			0,7	2,2				100		
6-й лист	3,3	4,9	9,0	12,3	22,2	37,0		0,6	1,8				88,7	11,3	17,5
7-й лист	1,2	2,1	4,2	7,5	11,8	20,5	19,2	0,3	1,9				66,5	16,0	34,9
Колошение			1,4	4,1	7,1	11,6	13,9	0,7	3,1				38,1	27,0	29,3
Начало цветения			0,5	1,6	4,1	8,2	13,2	0,6	2,2				27,8	42,9	29,7
Конец цветения				1,1	3,5	7,2	8,5	0,3	1,9				20,3	49,9	29,7
Молочная спелость				0,6	2,6	5,4	8,8		1,9				17,4	34,6	48,0
Молочно-восковая спелость								0,4	1,4				12,0	23,0	65,0
Восковая спелость								0,4	1,2				3,2	11,5	85,3

тивную фазу своего развития, когда поглощение азота извне заканчивается.

В нашем опыте растения были обеспечены азотом, однако содержание азота в зерне было довольно низким — 2,07%. Причину этого следует искать, по-видимому, в условиях, влияющих на характер белково-углеводного соотношения в процессе роста пшеницы: температуре и влажности воздуха, влажности почвы, содержания элементов питания в почве, интенсивности освещения и др. Хотя, как это указывалось выше, пшеница была обеспечена азотом, но его поглощение окончилось к концу цветения, т. е. до начала формирования зерна. В этом случае азот воздействовал только на рост пшеницы, и в частности на рост листьев, увеличивая тем самым ассимиляцию углерода и синтез углеводов.

Из таблицы 2 видно, что в растении наблюдается непрерывное уменьшение концентрации азота до восковой спелости, что свидетельствует о разбавлении азота в растении другими ассимилянтами, главным образом углеводами. В нашем случае азот как элемент питания, воздействуя на рост пшеницы до образования семени, на семя непосредственно не воздействовал, синтез белка в зерне шел только за счет реутилизации азота из листьев и стебля.

Касаясь влияния на белково-углеводное соотношение в растении таких экологических факторов, как температура, влажность почвы и воздуха, следует вспомнить указание Кулешова (1935) о том, что репродуктивный период пшеницы в условиях Восточной Сибири происходит при пониженном тепловом режиме по сравнению с основными зерновыми районами СССР. Общеизвестно также, что вторая половина июля и первая половина августа—время, когда идет формирование семени, характеризуется обильным выпадением осадков в лесостепи Восточной Сибири. Таким образом, налив зерна проходит, как отмечал Кулешов, в условиях умеренных температур и обеспеченности влагой.

Умеренная температура воздуха и достаточная увлажненность почвы в этот период способствуют более продолжительной жизни листьев и проводящих тканей растений, что обеспечивает более длительную ассимиляцию углерода и, стало быть, способствует увеличению содержания крахмала в зерне. Умеренная температура способствует также уменьшению расходов углеводов на дыхание, так как последнее в этих условиях снижает свою энергию.



Обычно считается, что накопление сухого веса пшеницей заканчивается в молочную спелость в основных зерновых районах страны. В нашем опыте прирост сухого веса шел до конца восковой спелости, как мы полагаем, в силу вышеуказанных экологических причин. Отмеченный нами более длительный, чем обычно, период поглощения фосфора, способствующего, как известно, накоплению углеводов, тоже, надо полагать, связан с тем, что накопление сухого вещества идет до конца вегетации.

Два верхних листа содержали в молочную спелость 28,8% азота от общего его содержания в растении, а в молочно-восковую 29%, что свидетельствует об их активной физиологической деятельности в этот период, их способности ассимилировать углерод.

Таким образом, белковость зерна пшеницы тесно связана с условиями роста пшеницы, соотношением азотного и фосфорного питания. Чем раньше заканчивается поглощение азота из почвы и чем длительнее идет накопление сухого вещества после этого, а также и поглощение фосфора, тем более низкого содержания белка в зерне следует ожидать.

Носатовский (1965) указывает как на частное явление, что содержание азота в зерне находится в обратной зависимости от его урожая. По-видимому, причины, способствующие снижению белка в зерне в Восточной Сибири, оказывают, среди прочих, и влияние на высокую эффективность азотных удобрений. Азот, внесенный до посева, по-видимому, оказывает влияние на рост вегетативных органов, в частности листьев, способствуя увеличению площади ассимиляционного аппарата пшеницы, который, в силу указанных выше причин, продолжает функционировать длительное время после перехода растения в фазу репродукции, способствуя накоплению сухого вещества в растении, в частности крахмала в зерне, и увеличивая тем самым такой показатель, как вес 1000 зерен.

Решение проблемы повышения белковости зерна в условиях юга Восточной Сибири мы усматриваем в исследовании азотного, фосфорного и углеродного обменов в связи с условиями роста пшеницы и разработки методов регулирования ее азотного питания.

## ЛИТЕРАТУРА

Угаров А. Н. Влияние удобрений на урожай и качество яровой пшеницы в связи с динамикой усвояемых соединений азота и фосфора в

серых лесных почвах южной части Средней Сибири. Докторская диссертация. Иркутск, 1965.

Кузнецова А. И. Накопление питательных веществ яровыми хлебами Восточной Сибири. Известия Иркутского сельскохозяйственного института, вып. 3, Иркутск, 1938.

Действие удобрений на урожай и его качество. М., 1965.

Княгиничев М. И. Биохимия пшеницы. Сельхозгиз, 1951.

Церлинг В. В. Влияние условий азотного питания на урожай. Труды Почвенного института им. В. В. Докучаева, т. 33.

Кулешов Н. И. и др. Влияние повреждения зерна пшеницы и ржи заморозками на его посевные качества. М.—Иркутск, 1935.

Носатовский А. И. Пшеница. М., 1965.