

С. А. КАСПАРОВА и П. Г. УСОВА

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА НАКОПЛЕНИЕ
И ПРЕВРАЩЕНИЕ ПЛАСТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СОЗРЕВАНИИ
ЗЕРНА В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 19 IV 1948)

Формирование зерновки злаковых растений и ее созревание связано с рядом последовательных анатомических и физиологических изменений (1-3). Роль минеральных элементов в этих процессах чрезвычайно велика, но, к сожалению, мало изучена.

Постановкой полевых и вегетационных опытов в различных географических условиях нам удалось показать, что в южных районах

Европейского Севера у различных злаковых растений, в том числе и яровой пшеницы, зерновка вполне успевает пройти период „большого роста“ до наступления летне-осенних заморозков, достигая полной восковой спелости к началу уборки, особенно при соответствующем режиме фосфатно-калийного питания.

В приполярных районах созревание зерновки в большинстве случаев заканчивается лишь молочной спелостью, восковая же спелость наступает в полевых условиях редко. Под влиянием неблагоприятных условий нарушается ход биохимических процессов в зерновке, падает активность окислительных ферментов, интенсивность дыхания, ослабляется синтез углеводов и замедляется налив в течение периода вегетации.

Изменением сроков посева и соотношения элементов минерального питания нам удалось приурочить в приполярных районах прохождение зерновкой „большого роста“ к более благоприятным условиям вегетационного периода и тем самым довести зерновку до полного формирования и созревания (рис. 1).

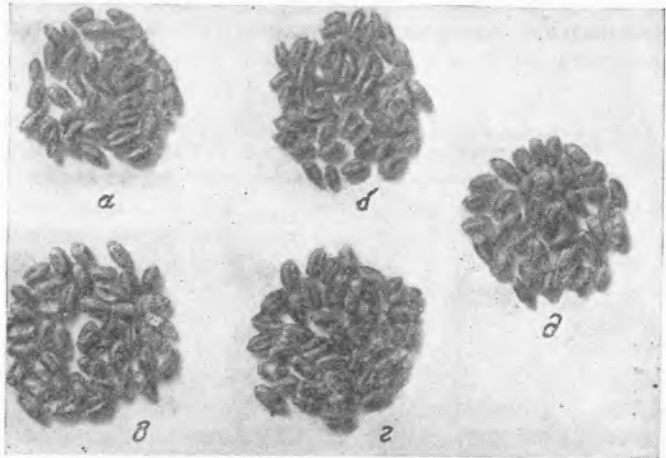


Рис. 1. Влияние элементов минерального питания на созревание зерновки в приполярных районах: а — без удобрений — 0; б — без фосфора — NK , в — без азота — PK , г — удвоенная доза фосфора — NP_2K ; д — удвоенная доза калия — NPK_2

Минеральные элементы, особенно фосфор и калий, смещают фазы развития яровой пшеницы в полярных районах и тем самым способствуют обильному плодоношению. При полном минеральном питании

Таблица 1

Влияние элементов минерального питания на формирование зерновки * (в % к общему числу завязей и зерновок в колосе)

Схема	Зерновки нормальные	Зерновки мелкие	Завязи
0	77,3	2,5	20,2
PK	78,1	0,4	21,5
NPK	86,4	1,1	12,5
NP ₂ K	84,6	0,8	14,6
NPK ₂	90,3	0,4	9,3

* Среднее из 20 опытов.

Из данных табл. 2 видно, что по калийному и фосфорному питанию зерновка созревает в снопах после уборки в более короткий срок, чем по другим вариантам. Всхожесть семян, получивших повышенные дозы этих элементов, оказывается наиболее высокой даже в той партии, которая за указанный период не успела дойти до полного созревания.

Таблица 2

Влияние минерального питания на всхожесть пшеницы при отлежке в снопах

Схема	Всхожесть при уборке в %	Продолжит. созревания в днях	Созревание в снопах после уборки			
			% созревших	% всхожести	% недозревших	% всхожести
0	2	14	52	34	48	0
PK	18	11	78	48	22	11
NK	13	19	64	26	36	14
NPK	22	16	66	72	34	57
NP ₂ K	33	9	93	94	7	76
NPK ₂	34	6	96	96	4	78

Прохождение зерновкой „большого роста“ характеризуется накоплением в ней растворимых углеводов при весьма низком содержании крахмала (табл. 3).

При повышенном фосфатном и калийном питании синтезируется гораздо меньше углеводов, чем при недостатке этих элементов. Это как будто противоречит существующему представлению о роли указанных элементов в углеводном обмене растения (4-8). Оказывается, что повышенные дозы фосфора и калия способствуют синтезу углеводов, накаплиющихся в вегетативных органах пшеницы, однако перемещение в зерновку и дальнейшее превращение углеводов затрудняется вследствие неблагоприятных условий вегетационного периода. Отлежка в снопах способствует передвижению углеводов в зерновку и превращению их в крахмал, но большая часть их все же остается в стеблях (табл. 4).

Среди углеводов зерновки заслуживает особого внимания фракция фруктозидов и сахаров типа „мальтоза“. По данным различных авто-

Таблица 3

Влияние элементов минерального питания на состав углеводов зерновки яровой пшеницы (в мг % глюкозы на абс. сухое вещество)

Схема	Уборка					Отлежка в снопах после уборки					
	Моносахариды	Фруктозиды	Сахара типа «мальтоза»	Сумма сахаров	Крахмал	Моносахариды	Фруктозиды	Сахара типа «мальтоза»	Сумма сахаров	Крахмал	Сумма углеводов
0	Следы	15,47	18,61	34,08	1,37	Следы	10,23	16,42	26,65	22,70	49,35
PK	»	19,70	24,14	43,84	1,42	»	13,21	19,15	32,36	20,40	52,76
NPK	»	17,66	14,02	31,68	1,04	»	8,85	12,74	21,60	40,30	61,90
NP ₂ K	»	16,41	13,11	29,52	1,05	»	10,14	15,33	25,47	43,27	68,74
NPK ₂	»	15,14	13,20	28,34	1,17	»	10,36	11,63	22,00	40,02	62,02

ров (3, 9, 10), количество мальтозоподобных сахаров не превышает 1,55—2,63% (на абс. сухое вещество), а сахароза даже в начале молочной спелости не достигает 6%. Возможно, что накопление сахаров в столь значительных количествах является особенностью углеводного обмена растений, возделываемых в полярных районах (11).

Элементы минерального питания оказывают значительное влияние также на активность ферментов, которые определяют характер углеводного обмена в зерновке и других органах яровой пшеницы (табл. 5).

По мере созревания зерновки гидролитическая активность инвертазы и амилазы падает, оставаясь наиболее высокой по фосфатному и калийному питанию. Эти элементы, особенно фосфор, по всей вероятности, являются своеобразным регулятором действия ферментов (12—14),

влияя на степень их активности (15). В стеблях и колосковых чешуйках гидролитическая активность обоих ферментов сохраняется на более высоком уровне, чем в зерне, что, по видимому, обусловливается состоянием отдельных органов пшеницы, недостаточно закончивших свое развитие в полярных условиях.

По мере созревания зерновки заметным изменениям подвергаются также активность окислительных ферментов и энергия дыхания (16). В конце молочной спелости высокая активность пероксидазы сочетается с повышенной энергией дыхания (17—19). По мере созревания зерновки активность пероксидазы неуклонно возрастает по всем вариантам опыта, чему особенно способствует повышение дозы элементов минерального питания (табл. 6).

Повышение активности пероксидазы в зерновке при созревании связано, вероятно, с энергичным новообразованием и мобилизацией ферментов в зерне, связанным с колосом и стеблем пшеницы, что было показано ранее А. Н. Бахом и А. И. Опариным (2).

При созревании зерновки в снопах не наблюдается прямой зависимости между дыханием и активностью окислительных ферментов (20). Хотя зерновка довольно богата углеводами, для сохранения высокого уровня дыхания оказалось далеко не достаточным одного только

Таблица 4

Состав углеводов в стеблях и колосковых чешуйках пшеницы после отлежки в снопах (в мг % глюкозы на абс. сухое вещество)

Схема	Моносахариды	Фруктозиды	Сахара типа «мальтоза»	Сумма сахаров	Крахмал
0	5,70	13,11	1,31	16,42	20,12
PK	5,64	13,34	2,80	15,42	21,78
NPK	5,54	10,06	4,40	16,63	20,40
NP ₂ K	6,51	9,93	3,65	17,80	20,10
NPK ₂	7,06	10,63	3,60	15,60	21,30

Таблица 5

Влияние элементов минерального питания на активность гидролитических ферментов при созревании зерновки

Фермент *	Органы растения	Схема опыта				
		0	PK	NPK	NP ₂ K	NPK ₂
Инвертаза	Зерно	4,13	3,50	6,45	14,84	13,5
»	Стебли и колосковые чешуйки	68,09	67,05	82,5	88,8	81,5
Амилаза	Стебли и колосковые чешуйки	63,14	61,21	71,01	70,01	73,6

* Активность инвертазы выражена в мг разложенной глюкозы, а амилазы — в мг мальтозы.

дыхательного материала. Дыхание обуславливается более сложным комплексом физиологических процессов (21), связанных с жизнеспособностью организма. Таким образом, элементы минерального питания влияют не только на процессы созревания зерновки при отлежке в снопах, но и на более ранние периоды формирования последней, повышая всхожесть, а также устойчивость к неблагоприятным внешним воздействиям.

Таблица 6

Влияние отлежки пшеницы в снопах на активность пероксидазы и интенсивность дыхания

Схема	Пероксидаза (в мл 0,1 N KMnO ₄ на 1 г возд. сух. вещ.)			Дыхание (в мл CO ₂ на 100 г возд. сух. зерна за 1 час при 18°C)		
	при уборке 5 X	после созревания		при уборке 5 X	после созревания	
		15 X	30 X		15 X	30 X
0	40,3	62,6	71,0	60,0	15,0	10,0
PK	50,0	56,3	94,0	65,0	14,0	7,0
NPK	55,8	61,5	90,0	60,0	15,0	2,0
NP ₂ K	51,1	94,5	100,0	63,0	14,0	4,3
NPK ₂	50,7	72,0	90,3	63,0	18,0	3,0

Кольская база им. С. М. Кирова
Академии Наук СССР

Поступило
29 III 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Г. Александров, Бот. журн., 24, 58 (1930). ² А. Н. Бах, А. И. Оларин и Р. А. Венер, Тр. Хим. ин-та им. Л. Я. Карпова, 5, 62 (1929). ³ В. Л. Кретович, Физиологич. и биохимич. основы хранения зерна, М., 1944. ⁴ Д. Н. Прянишников, Агрохимия, 1930. ⁵ Н. М. Сисакян, Изв. АН СССР, сер. биол., № 2 (1938). ⁶ Н. К. Archbold and C. Data, Ann. Bot., 6, 487 (1942); Н. К. Archbold, *ibid.*, 8, 364 (1944). ⁷ C. Bailey and A. Gurjar, J. Agric. Res., 12, 685 (1918). ⁸ O. N. Purvis, Ann. Bot., 8, 285 (1944). ⁹ Н. П. Козьмина и В. Л. Кретович, Химия зерна и продуктов его переработки, 1944. ¹⁰ Л. А. Трисвятский, Хранение зерна, 1944. ¹¹ С. А. Каспарова, С. М. Вартапетян, И. В. Глазунов и Т. А. Проскурникова, Рефераты н.-н. работ Отд. биол. наук за 1945 г., стр. 80—89, 1947. ¹² А. Л. Курсанов, Обратимое действие ферментов в живой растительной клетке, 1940. ¹³ C. Hanes, Proc. Roy. Soc., 13, 123, 421 (1940). ¹⁴ K. Das and K. Giri, Ann. Biochem. Exp. Med., 5, 63 (1945), по реф. в Brit. Chem. Abstr., 40, 2474 (1946). ¹⁵ A. Chandru, Science and Culture, 12, 558 (1945). ¹⁶ E. Леман и Ф. Айхеле, Физиология прорастания семян злаков, 1936. ¹⁷ В. Л. Кретович и Е. Ушакова, ДАН, 29, 118 (1940). ¹⁸ Н. Н. Дьячков, Биохимия, 6, 440 (1941). ¹⁹ А. П. Щербаков и З. С. Броновицкая, Докл. Всес. совещ. по физиологии растений, 4, 2, 101, 1945. ²⁰ С. А. Каспарова и Т. А. Акимочкина, Изв. АН СССР, сер. биол., 2 (1940). ²¹ А. И. Смирнов, Биохимия, 8, 149 (1943).