

УДК 633.11:631.811:581.19.04:547.96

КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ

В. П. КРИЩЕНКО, А. Я. БАЙНАРЕ, Г. Ф. БАЛОДЕ, Н. И. СТРЕЛЕЦ,
М. Л. КОСОРУКОВ, А. А. ПАНТЕЛЕЕВ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

В опытах с озимой пшеницей, заложенных по факториальной схеме (81 вариант), изучалось действие удобрений и выпавших осадков на содержание белка в зерне озимой пшеницы и его аминокислотный состав. Дано математическое описание изменения содержания фенилаланина, лейцина, тирозина, треонина и глицина в зерне пшеницы в зависимости от уровня минерального питания, а также метионина, аргинина, глутаминовой кислоты и гистидина от количества осадков.

Установлена отрицательная нелинейная зависимость между содержанием глутаминовой кислоты и пролина в зерне и уровнем минерального питания.

Качество зерна пшеницы зависит в первую очередь от содержания белка и его аминокислотного состава. Белок пшеницы состоит преимущественно из заменимых аминокислот. Их высокое содержание (68—70 %) определяется прежде всего количеством глутаминовой кислоты и пролина, на долю которых приходится 40 % всех аминокислот [2, 4]. Улучшить аминокислотный состав зерна можно двумя путями: селекционным и агротехническим [1].

Имеются данные, что под влиянием удобрений в белках пшеницы увеличивается содержание глутаминовой кислоты и уменьшается количество лизина [2]. В работе [12] отмечается, что характер зависимости между содержанием аминокислот и сырого протеина не меняется, каково бы ни было происхождение различий в содержании белков в зерне одного вида (разные сорта, место выращивания, уровни минерального питания). Авторы пришли к выводу, что между содержанием аминокислот в белке и содержанием белка в зерне существует зависимость, которая выражается формулой

$$A_i = \frac{d_i}{p} \cdot \beta_i, \quad (1)$$

где A_i — содержание аминокислот, %; p — содержание белка, %; d_i и β_i — константы.

Предложена формула для расчета содержания лизина в сыром белке p у сортов пшеницы, близких по фракционному составу белков к пшенице сорта Мироновская 808 [5],

$$\text{Лиз, \%} = 1,77 + \frac{5,82}{p}. \quad (2)$$

По данным отечественных исследователей [6], при увеличении насыщенности севооборотов удобрениями в зерне пшеницы возрастает содержание сырого протеина, глутаминовой кислоты и пролина, а количество лизина и аргинина снижается [6]. Имеется и ряд зарубежных сообщений, в которых указывается, что аминокислотный состав белков зависит от уровня питания растений [13—15]. Установлено, что при низких нормах азота [7, 8] или суммарно азота, фосфора и калия [9] количество белка в зерне снижается, так как элементы питания расходуются на ростовые процессы и создание дополнительного урожая.

Недостатком большинства исследований, посвященных изучению влияния удобрений на аминокислотный состав белков зерна пшеницы, является отсутствие математического описания обсуждаемого цифрового материала, что не дает возможности убедиться в достоверности полученных результатов. Практически отсутствуют данные об изменении

аминокислотного состава зерна озимой пшеницы в связи с разной обеспеченностью растений влагой (осенние и весенние осадки), от которой в конечном счете зависит режим питания растений, их развитие и атрагирующее отношение к элементам питания. Мы попытались частично восполнить недостаток этих данных.

Методика

Влияние удобрений и других агротехнических факторов на содержание белка в зерне пшеницы сорта Мироновская 808 и его аминокислотный состав изучались в опытах Государственной агрохимической службы в Ливийской республиканской агрохимической лаборатории, проводившихся в колхозе «Аури» Добельского района по 81-вариантной факториальной схеме на дерново-карбонатных выщелоченных почвах с низким содержанием подвижного фосфора и повышенным содержанием калия (в 1972, 1973, 1974 и 1976 гг. проводили соответственно опыты 1, 2, 3 и 4). Отдельные результаты, полученные в этих исследованиях, в последующие годы перепроверялись в других регионах страны. Во все годы растения в фазу кущения обрабатывали хлорхлин-хлоридом в целях предупреждения возможного полегания. Агротехника возделывания

пшеницы типичная для зоны и одинаковая во все годы проведения опытов.

Зависимость изучаемых показателей от норм минеральных удобрений определяли на фоне среднефактических количеств осадков (Q_1 и Q_2 — соответственно 142 и 42 мм), а содержания белков и аминокислот от количества осадков — на фоне средней нормы минеральных удобрений — 120N120P120K (Q_1 — общее количество осадков в сентябре, октябре и апреле; Q_2 — количество осадков в апреле).

Отбор проб зерна и подготовку их к анализу проводили по методике [10], содержание белка в зерне определяли по методике Барнштейна, изложенной в [11]. Для определения аминокислотного состава гидролизатов (324 пробы зерна) использовали автоматические анализаторы фирмы «Биотроник» (модели ЛЦ-2000 и ЛЦ-6000).

Результаты

Факториальные схемы опытов с большим количеством вариантов и расширенным диапазоном норм минеральных удобрений позволили получить данные, максимально отражающие особенности действия изучаемых факторов, дать математическое описание установленных закономерностей и на этой основе эффективно прогнозировать действие удобрений. Особенно результативны многолетние исследования, позволяющие вычленить действие погодных условий на урожайность и признаки качества зерна.

В наших исследованиях содержание белка в зерне по годам изменялось в зависимости от уровня минерального питания от 9,23 до 13,74 %. По отношению к минимальному значению содержания белка в зерне повысилось почти на 50 %. Это указывает на наличие достаточного диапазона действия изучаемых факторов. Наименьшее количество белка в зерне во все годы исследований накапливалось в вариантах, где азотных удобрений было больше, чем фосфорных. В опытах 1 и 2, которые проводились в годы с более высокими среднесуточными температурами воздуха в период налива зерновок, действие азота на качество зерна усиливалось. Содержание белка в среднем по опытам составило 11,72 и 11,61 %. В опыте 4, который проводился в год, характеризующийся холодным летом, влияние азотных удобрений на качество зерна ослабевало.

На основании данных четырех опытов нами рассчитано уравнение регрессии, описывающее изменения содержания белка в зерне B в зависимости от Q_2 и уровня азотного питания

$$B = 10,667 + 0,118N - 0,006Q_2 + 0,003NQ_2; \quad (3)$$
$$= 0,69; R^2 = 0,47; n = 324.$$

Из уравнения (3) следует, что азотные удобрения повышали, а апрельские осадки снижали накопление белка в зерне пшеницы. Отрицательное влияние осадков было меньше, чем положительное действие азота.

В наших опытах фосфорные и калийные удобрения незначительно влияли на белковость зерна озимой пшеницы. Вычисленное по уравнению (3) содержание белка в зерне при последовательном увеличении

норм азота до 240 кг д. в. на 1 га возрастало с 10,67 до 11,61 %. В результате повышения количества осадков в апреле до 80 мм содержание белка снизилось с 10,67 до 10,19 %. Поскольку отрицательное действие осадков, выпавших в апреле, было слабее, чем положительное влияние азота при увеличении норм азотных удобрений, содержание белка в зерне при всех уровнях осадков в этот период вегетации повысилось с 10,67 до 13,08 %. Данные о накоплении белка в зерне пшеницы в зависимости от рассматриваемых факторов приведены на рис. 1. При низком уровне азотного питания по мере увеличения количества весенних осадков содержание белка в зерно уменьшалось. Увеличение норм азотных удобрений ликвидировало указанное отрицательное влияние осадков. При высоких и очень высоких нормах азотного удобрения увеличение количества осадков в апреле сопровождалось опережающим ростом накопления белка в зерне. Это связано с тем, что при

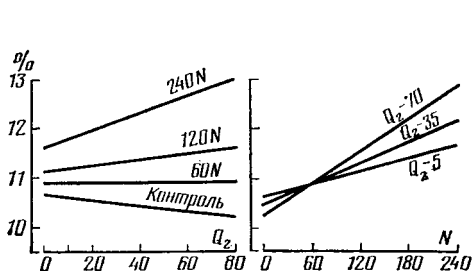


Рис. 1. Содержание белка (%) в зерне пшеницы в зависимости от норм азота (кг/га) и Q_2 (мм).

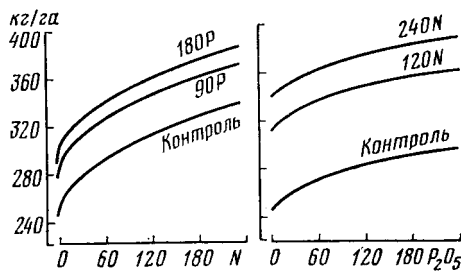


Рис. 2. Сбор белка (кг/га) с урожаем зерна пшеницы в зависимости от норм азота и фосфора (кг/га). Фон: $Q_1 = 142$ мм; 120K.

низком уровне азотного питания увеличение количества осадков в апреле способствовало прежде всего развитию вегетативной массы растений. При абсолютном увеличении накопления азотистых веществ в надземных вегетативных органах относительное содержание их было меньше, чем у контрольных растений, что в конечном итоге отрицательно сказалось на количественных показателях транслокации азотистых веществ в зерновку и накоплении белков в ней. По мере увеличения уровня азотного питания это явление исчезало, более того, накопление белков начинало увеличиваться.

Таким образом, на примере взаимодействия двух факторов (количество осадков в апреле и уровень азотного питания) начиная от минимальных их значений можно наблюдать переход от антагонистических до синергических взаимодействий.

Анализ данных, представленных на рис. 1, показывает, что при 80 мм осадков в апреле в зерне растений, выращенных без азотных удобрений, содержание белков снизилось на 0,48 %, в варианте с 60N оно практически не изменилось и в случае внесения 120N и 240N увеличилось соответственно на 0,48 и 1,44 %. Содержание белка в зерне при выпадении 5, 35 и 70 мм осадков возросло соответственно на 1,06; 1,78 и 2,62 %.

При внесении 120N на фоне среднего количества осадков в апреле (35 мм) содержание белка в зерне пшеницы повысилось на 0,68 % и составило 11,35 %, в варианте с 240N белка в зерне было лишь на 0,89 % больше, чем в варианте со 120N.

Для практических целей необходимо выбрать такие сочетания норм удобрений, которые обеспечили бы не только повышение содержания белка в зерне, но и наивысший сбор его с единицы площади. Были рассчитаны уравнения регрессии для определения зависимостей сбора белка от норм азотных, фосфорных и калийных удобрений, количества осадков в сентябре, октябре и апреле, а также урожайности пшеницы

$$B_{\text{сбор}} = 245,62 + 32,77N^{0,5} + 18,52P^{0,5}, \quad R^2 = 0,10; \quad R = 0,32, \quad (4)$$

$$B_{\text{сбор}} = 1110,40 - 14,46x + 0,0606x^2, \quad R^2 = 0,66; \quad R = 0,81, \quad (5)$$

$$B_{\text{сбор}} = -21,41 + 12,07x_1, \quad R^2 = 0,94; \quad R = 0,97, \quad (6)$$

где $B_{\text{сбор}}$ — сбор белка, кг/га; x — количество осадков — Q_1 , мм; x_1 — урожай зерна, ц/га.

Из уравнений (4), (5) и (6) видно, что сбор белка находится в прямой зависимости от урожая ($R^2=0,94$). Коэффициент детерминации, определяющий зависимость между изменениями количества осадков (Q_1) и сбором белка с урожаем зерна, достаточно высокий ($R^2=0,66$). Вместе с тем в наших опытах прямая зависимость между сбором белка и нормами азотных и фосфорных удобрений была слабо выражена. Исходя из этого можно заключить, что положительное влияние минеральных удобрений на сбор белка в значительной мере опосредствовано через действие на урожай зерна. Если сравнить между собой действие азотных и фосфорных удобрений на сбор белка, то первые действовали в два раза эффективнее.

При увеличении урожайности пшеницы с 25 до 45 ц/га выход белка возрос с 280 до 522 кг с 1 га. Следовательно, на каждый центнер зерна приходилось 12,07 кг дополнительно собранного белка. Сбор белка при внесении азотных и фосфорных удобрений в интервале изучаемых норм (0—240 кг/га) повысился соответственно с 246 до 338 и с 246 до 298 кг/га, азотно-фосфорных — на 145 кг (с 246 до 391 кг), что составило 59 % к контролю.

При внесении 30N и 30P сбор белка был больше, чем при дальнейшем увеличении уровня питания этими элементами (рис. 2). Например, в варианте с 30N сбор белка по сравнению с контролем повысился на 32 кг/га, а при повышении нормы до 120N каждые 30 кг азота обеспечивали прирост белка соответственно 14, 10 и 8 кг/га. В этом проявилось затухающее действие элементов питания на изменчивость изучаемого фактора.

При оптимальной норме азотных и фосфорных удобрений (120N90P) сбор белка достиг 343 кг/га, разница с контролем составила 97 кг.

Полученные данные об аминокислотном составе зерна представлены в табл. 1—4 и на рис. 3—5. В суммарных белках гидролизата зерна озимой пшеницы больше всего содержится глутаминовой кислоты (~22%), пролина (около 15 %) и лейцина (6—7 %). Количество аргинина, валина и фенилаланина находится на уровне 4—5 %. Содержание остальных аминокислот еще меньше — каждой из них в гидролизате, как правило, не более 4 %.

Одним из важных результатов исследований явилось установление характерных, предположительно взаимозависимых из-

Т а б л и ц а 1

Содержание аминокислот в белке
зерна пшеницы (г на 100 г)*

Аминокислота	Опыт				В среднем по всем опытам
	1	2	3	4	
Лиз	2,90	2,90	3,13	2,88	2,95
Фен	4,24	3,93	4,26	3,97	4,10
Лей	6,61	6,21	6,84	6,02	6,42
Илей	3,56	3,09	3,47	3,13	3,31
Мет	2,34	1,74	1,23	0,77	1,52
Вал	4,13	3,85	6,03	3,69	4,43
Тре	2,36	2,47	2,66	2,31	2,45
Арг	4,64	4,23	4,62	3,86	4,34
Гис	2,24	2,15	1,90	1,73	2,01
Тир	2,84	2,73	2,99	2,56	2,78
Цис	1,20	1,44	1,66	2,59	1,60
Ала	3,40	2,91	3,29	2,86	3,12
Гли	3,36	3,60	3,72	3,38	3,52
Про	14,42	14,97	13,32	14,14	14,21
Глу	24,47	26,43	23,47	27,60	25,49
Сер	3,73	4,16	4,40	3,82	4,03
Асп	2,74	3,59	3,44	4,12	3,47
Сумма незаменимых аминокислот	26,14	24,19	27,62	22,77	25,18

* В столбцах 1—4 представлены усредненные данные по 81 определению (81 вариант опыта), а в столбце 5 — по 324 определениям (по четырем опытам).

**Уравнения регрессии, описывающие влияние минеральных удобрений
на аминокислотный состав зерна пшеницы (г/100 г зерна)**

Члены регрессии	Фен	Лей	Тре	Тир	Гли	Глу	Сумма незаменимых аминокислот
A_0	0,416	0,658	0,258	0,285	0,327	2,57	2,64
A_1N	0,0119	0,0157		0,0074	0,0187	0,0747	0,08
A_2P					0,0081		
A_3K			0,0147		0,0036		
$A_4N^{0,5}$			0,0189				
$A_5P^{0,5}$							
$A_6K^{0,5}$			—0,0379				
$A_6(NP)^{0,5}$					0,0159		—0,04

менений содержания глутаминовой кислоты и пролина в зерне пшеницы при изменении уровня минерального питания. Хорошо известно, что в метаболизме глутаминовая кислота и пролин тесно взаимосвязаны и, очевидно, уровень питания растений оказывает прямое влияние на это звено обмена азотистых веществ. Полученные результаты обуславливают интерес к проведению дальнейших исследований этой зависимости.

Т а б л и ц а 3

**Уравнения регрессии, описывающие влияние норм удобрений
на содержание аминокислот в зерне озимой пшеницы (г/кг)**

Аминокислота	Уравнение регрессии	R при P = 0,95
Фен	$Y=0,416+0,0119N$	0,39
Лей	$Y=0,658+0,0157N$	0,35
Тир	$Y=0,285+0,0074N$	0,32
Глу	$Y=2,570+0,0747N$	0,32
Тре	$Y=0,258+0,0189N^{0,5}+0,0147K-0,0379K^{0,5}$	0,32
Гли	$Y=0,327+0,0187N+0,0081P+0,0036K-0,0159(NP)^{0,5}$	0,39
Сумма незаменимых аминокислот	$Y=2,640+0,08N-0,04(NP)^{0,5}$	0,32

Характерным является уменьшение содержания в зерне лизина при увеличении уровня азотно-фосфорно-калийного питания, а также метионина при очень высоких нормах удобрений. Следовательно, высокий и очень высокий уровни минерального питания хотя и приводят к увеличению количества белка в зерне, но вызывают ухудшение его качества, о чем можно судить по содержанию критических аминокислот.

Т а б л и ц а 4

**Уравнения регрессии, описывающие влияние осадков
на аминокислотный состав зерна пшеницы (г/100 г зерна)**

Члены регрессии	Q_1				Q_2		
	мет	арг	глу	сумма незаменимых аминокислот	мет	гис	глу
A_0	0,743	—0,406	9,64	—2,60	0,155	0,190	2,34
X	0,0115	0,0126	—0,101	0,0790	0,0033	0,0021	0,0322
X^2	—0,00003	—0,00004	0,00036	—0,0003	0,00007	—0,000015	—0,00036

Принимая во внимание эти результаты, необходимо отметить что многие авторы публикаций, посвященных исследованию зерновых культур, ограничиваются определением содержания белка в урожае. По их мнению, чем больше увеличивается количество белка в зерне, тем лучше [12]. К сожалению, это далеко не так. Необходимо исследовать изменчивость аминокислотного состава (первичный признак) самих белков и их свойства, в частности экстрактивность (вторичный признак).

Для определения зависимости между аминокислотным составом белка, его выходом с урожаем зерна в расчете на 1 га и возрастающими нормами азотных, фосфорных, калийных удобрений, урожаем зерна, количеством осадков нами рассчитывались соответствующие уравнения регрессии. В таблицах и на рисунках приведены лишь достоверные результаты (уравнения регрессии имели коэффициенты выше уровня значимости 0,95).

Дисперсионный анализ показал, что варьирование содержания в зерне фенилаланина, лейцина, тирозина и глутаминовой кислоты связано с влиянием азотных удобрений. Содержание треонина и глицина изменялось в зависимости от норм азотных, фосфорных и калийных удобрений. На общее содержание незаменимых аминокислот достоверно влияли азотные и фосфорные удобрения (табл. 2 и 3).

содержание в зерне метионина, аргинина, глутаминовой кислоты и сумма незаменимых аминокислот зависели от общего количества осадков в сентябре, октябре и апреле, а метионина, гистидина и глутаминовой кислоты — от апрельских осадков (табл. 4).

При увеличении норм азота с 0 до 240 кг/га содержание фенилаланина в зерне повышалось с 4,16 до 5,11 г/кг, лейцина — с 6,58 до 7,84, тирозина — с 2,85 до 3,44, глутаминовой кислоты — с 25,70 до 31,68, треонина — с 2,58 до 3,11 г/кг. При повышении норм калия до 60 кг/га содержание треонина в зерне снизилось с 2,58 до 2,34, а при увеличении до 240 кг/га — повысилось до 2,68 г/кг. Максимальный уровень треонина (3,21 г/кг) полу-

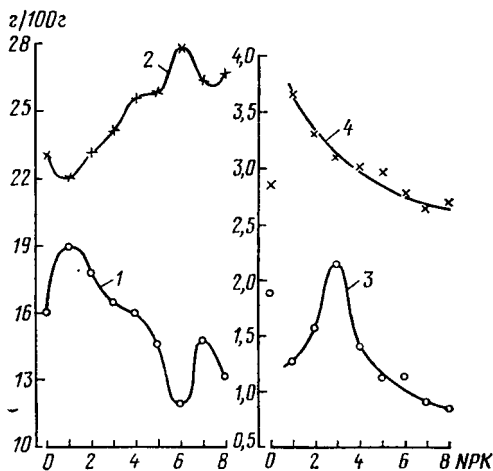


Рис. 3. Содержание пролина (1), глутаминовой кислоты (2), метионина (3) и лизина (4) в белках зерна пшеницы (г/100 г) в зависимости от норм азота, фосфора и калия (одинарная норма каждого элемента равна 30 кг д. в. на 1 га).

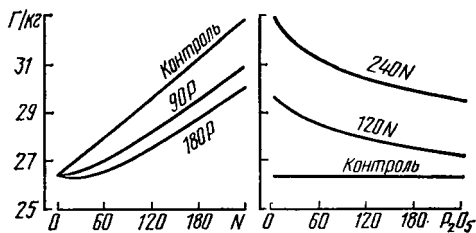


Рис. 4. Общее содержание незаменимых аминокислот (г/кг) в зерне пшеницы в зависимости от норм азота и фосфора (кг/га). Фон: $Q_1 = 142$ мм; 120К.

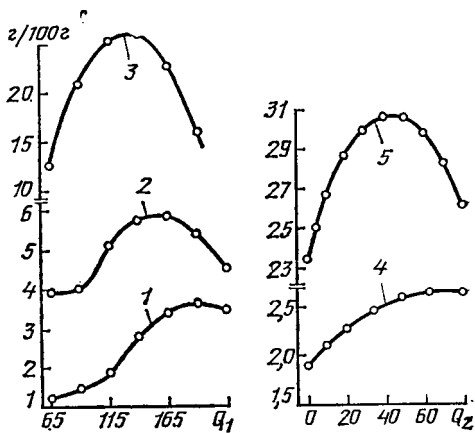


Рис. 5. Содержание метионина (1), аргинина (2) и сумма незаменимых аминокислот (3) в зерне пшеницы (г/100 г) в зависимости от Q_1 (мм), а также гистидина (4) и глутаминовой кислоты (5) в зависимости от Q_2 (мм).

чен при внесении 240N240K, минимальный (2,34 г/кг) — в варианте с 60K. При оптимальной норме удобрений (120N90K) содержание треонина составило 2,74 г/кг, что на 0,16 г/кг выше, чем в контроле.

Содержание глицина в зависимости от норм удобрений колебалось от 3,27 до 5,06 г/кг. При увеличении норм азотных, калийных и фосфорных удобрений от 0 до 240 кг/га содержание глицина возросло с 3,27 соответственно до 4,77; 3,56 и 3,92 г/кг. В результате совместного внесения азота и фосфора содержание этой аминокислоты снизилось, особенно в вариантах со 120N и 240N, соответственно на 0,25 г/кг (с 4,02 до 3,77) и 0,63 г/кг (с 4,77 до 4,14).

В зависимости от норм азотных и фосфорных удобрений сумма незаменимых аминокислот в зерне колебалась от 26,1 до 32,8 г/кг. Этот показатель был наибольший при внесении одного азота. Увеличение норм фосфора на всех фонах азота привело к снижению суммы незаменимых аминокислот. Максимум незаменимых аминокислот (32,8 г/кг) отмечен при норме азота (240N), минимум (26,1 г/кг) — в варианте со 130N240P.

При увеличении норм азота с 0 до 240 кг/га содержание незаменимых аминокислот в зерне возросло с 26,4 до 32,8 г/кг (рис. 4). Каждые 30 кг азота повышали содержание незаменимых аминокислот на 0,8 г. Фосфорные удобрения при совместном внесении с азотом снижали их количество. Внесение одних фосфорных удобрений не оказывало влияния на содержание незаменимых аминокислот, но на фоне 120N и 240N они снижали содержание незаменимых аминокислот соответственно с 29,6 до 27,3 и с 32,8 до 29,6 г/кг.

На рис. 5 представлены вычисленные по уравнениям регрессии данные об изменении содержания в зерне отдельных аминокислот и суммы незаменимых аминокислот в зависимости от количества осадков, выпавших в сентябре, октябре и апреле.

Изменение содержания метионина в зависимости от Q_1 устанавливали по формуле

$$y_{мет} = -0,74 + 0,0115x - 0,00003x^2. \quad (7)$$

В целом при увеличении количества осадков за указанные месяцы с 65 до 190 мм содержание метионина в зерне повысилось с 1,19 до 3,62 г/кг.

Изменение накопления аргинина в зерне в зависимости от Q_1 определяли по уравнению

$$y_{арг} = -0,406 + 0,0126x - 0,00004x^2. \quad (8)$$

Содержание этой аминокислоты при изменении количества осадков от 65 до 165 мм за 3 мес повысилось с 3,96 до 5,84 г/кг.

Уравнение, описывающее изменение суммы незаменимых аминокислот в зависимости от Q_1 , имеет вид

$$y_{н. ам} = -2,60 + 0,079x - 0,0003x^2. \quad (9)$$

Содержание незаменимых аминокислот в зерне по мере увеличения количества осадков за 3 мес до 140 мм возрастало с 12,67 до 25,80 г/кг, а при дальнейшем увеличении количества осадков оно резко уменьшалось. При выпадении 140 мм осадков уменьшилось накопление в зерне аргинина.

При среднем, оптимальном для озимой пшеницы, количестве осадков в сентябре, октябре и апреле содержание метионина, аргинина и сумма незаменимых аминокислот в зерне составили соответственно 2,82; 5,74 и 25,80 г/кг.

Для установления изменения количества гистидина в зерне озимой пшеницы при увеличении Q_2 использовали формулу

$$y_{гис} = 0,19 + 0,0021x - 0,000015x^2. \quad (10)$$

Больше всего гистидина (2,62—2,64 г/кг) накапливалось при наибольшем количестве осадков — 60—80 мм. То же в отношении глутами-

новой кислоты определяли по уравнению

$$Y_{\text{глы}} = 2,34 + 0,0322x - 0,00036x^2. \quad (11)$$

Кривая изменения содержания этой аминокислоты имеет резкий перегиб при среднем количестве осадков в апреле 40 мм. До этой величины количество глутаминовой аминокислоты в зерне пшеницы возрастало, после нее — снижалось. При оптимальном количестве осадков (40 мм) содержание гистидина и глутаминовой кислоты было равно соответственно 2,50 и 30,52 г/кг.

Таким образом, азотные удобрения оказывают большое влияние на накопление в зерне пшеницы белка и отдельных аминокислот. В результате внесения 120N (на фоне 90P90K) в дерново-карбонатные выщелоченные почвы с низким уровнем подвижного фосфора и повышенным уровнем калия при выпадении среднего количества осадков сбор белка увеличился на 40 %, а содержание в зерне отдельных аминокислот (фенилаланин, лейцин, тирозин, глутаминовая кислота) — на 10—12 %. При внесении 240N сбор белка возрос на 50 %, а содержание отдельных аминокислот в зерне — на 20 % и более.

Выводы

1. В условиях Латвии фосфорные и особенно калийные удобрения незначительно влияют на содержание белка в зерне пшеницы. Азотные удобрения оказывают положительное действие на данный показатель, а повышенное количество осадков — отрицательное, причем положительное действие азотных удобрений более эффективно, чем отрицательное влияние осадков.

2. Выход белка с единицы площади посева находится в математически описываемой зависимости прежде всего с урожаем зерна, затем с количеством осадков и меньше всего с нормами удобрений. Положительное действие последних опосредствовано в первую очередь через их влияние на урожай.

3. Установлена отрицательная нелинейная зависимость между содержанием глутаминовой кислоты и пролина в зерне пшеницы и уровнем азотно-фосфорно-калийного питания.

4. Увеличение уровня азотно-фосфорно-калийного питания вызывает уменьшение содержания лизина в зерне.

5. Математически обосновано, что варьирование содержания фенилаланина, лейцина и тирозина в зерне пшеницы связано с действием азотных удобрений; количество треонина и глицина изменяется в зависимости от содержания основных элементов питания — азота, фосфора и калия. Общее содержание незаменимых аминокислот зависит от норм азотных и фосфорных удобрений.

6. Дано математическое описание изменения содержания в зерне пшеницы метионина, аргинина, глутаминовой кислоты и суммы незаменимых аминокислот в зависимости от общего количества осадков в сентябре, октябре и апреле, а также метионина, гистидина и глутаминовой кислоты только от апрельских осадков.

7. Оптимальной нормой минеральных удобрений для озимой пшеницы сорта Мироновская 808 в условиях конкретных опытов в Латвии является 120N90P90K.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конарев В. Г. Биохимические и молекулярно-генетические предпосылки в селекции растений на белок. — Вестник с.-х. науки, 1973, № 1, с. 96—106. — 2. Кристенко В. П., Гаврилов Ю. С., Кузнецова Н. Е. Влияние некорневой подкормки озимой пшеницы мочевиной на аминокислотный состав различных фракций азотистых веществ. — Агрохимия, 1972,

№ 2, с. 27—32. — 3. Тюттерев С. А., Чмелева З. В., Мойса И. И., Дорофеев В. Ф. Изучение содержания белка и незаменимых аминокислот в зерне видов пшеницы и ее диких сородичей. — Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции, 1973, т. 52, вып. 1, с. 222—241. — 4. Кристенко В. П., Ушакова Т. Ф. Аминокислотный состав зерна ячменя, ржи и пшеницы

при разных уровнях минерального питания. — Изв. ТСХА, 1986, вып. 5, с. 73—79. — **5.** С о з и н о в А. А., П о п е р е л я Ф. А., Х о х л о в А. Н. Повышение белковости зерна озимой пшеницы. — В кн.: Проблемы белка в сельск. хоз-ве. М., 1975, с. 147—156. — **6.** М и н е е в В. Г., С е л и х о в а О. Д., Т и щ е н к о А. Т. Влияние удобрений при систематическом применении в севооборотах на белковость и аминокислотный состав зерна пшеницы. — Агрохимия, 1979, № 10, с. 37—47. — **7.** П а в л о в А. Н., К о л е с н и к Т. Н. О причинах, определяющих различный уровень накопления белка в зерне высоко- и низкobelковых сортов пшеницы. — Физиол. раст., 1974, т. 21, № 2, с. 329—335. — **8.** П а в л о в А. Н., П е т р о в а М., Л а н г Г. и д р. Влияние удобрений на качество зерна пшеницы. — Химия в сельск. хоз-ве, 1976, № 6, с. 46—49. — **9.** К р и щ е н к о В. П. Влияние условий питания на формирование качества урожая

зерновых культур. — В кн.: VIII Междуна- конг. по минеральным удобрениям. Докл. сов. участников конгресса, ч. II. М., 1976, с. 29—41. — **10.** К р и щ е н к о В. П., А г е е в а В. С., С о к о л о в а М. Ф. Методические указания по отбору проб растений, определению в них азота, фосфора и калия. — М.: КМУ ЦИНАО, 1980, с. 56. — **11.** К р и щ е н к о В. П. Методы оценки качества растительной продукции. — М.: Колос, 1983, с. 183. — **12.** Baudet I., Mosse G. Influence de la teneur en arôte des grains, sur leur composition en acides amines. Versal. 1973, p. 324. — **13.** H a l d n e r F. R., W a l l i J. A. — J. Agric. Food-Chem., 1980, vol. 28, p. 1428. — **14.** Huebner F. K-Donaldron G. L., Wall J. S. — GerJ Chem., 1974, vol. 51, N 2, p. 240—249. — **15.** Pat ly A. L., Waldron N. M. — J. Aci. Food Agric., 1976, vol. 27, N 9, p. 838—842.

Статья поступила 25 января 1987 г.

SUMMARY

Mathematical description of changes in protein content of winter wheat grain and in amino acid composition of protein under the influence of rainfall and fertilizers is given in the paper.

The regularity of interdependent variations in the amount of glutaminic acid, proline in the grain and the level of mineral nutrition (NPK) has been established.

It is mathematically substantiated that variations in the amount of phenilalanine, leucine and tyrosine in grain is connected with the effect of nitrogenous fertilizers; the amount of threonine and glycine varies with the level of nitrogen, phosphorus and potassium; the total amount of irreplaceable amino acids depends on nitrogen and phosphorus content in the soil.