

**АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ, РЖИ И ПШЕНИЦЫ
ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ****В. П. КРИЩЕНКО, Т. Ф. УШАКОВА****(Кафедра агрономической и биологической химии)**

Изучали изменения аминокислотного состава белков зерна пшеницы и ячменя при различных условиях питания в вегетационных и полевых опытах. Получены высокие коэффициенты корреляции между урожаем зерна ячменя и накоплением в нем глицина, аспарагиновой кислоты и аланина. При увеличении урожайности ячменя и содержания в зерне указанных аминокислот уменьшается доля тирозина и лейцина.

В полевых опытах с ячменем увеличение уровня азотного питания приводило к накоплению в зерне аспарагиновой и глутаминовой кислот, пролина, лизина и гистидина. Фосфор, как правило, отрицательно действовал на содержание этих аминокислот. Калий уменьшал количество аспарагиновой кислоты и повышал содержание глутаминовой кислоты и пролина.

В серии полевых опытов с пшеницей анализировали изменения содержания свободных аминокислот и белков в зерне по мере его созревания при различных условиях питания.

Условия минерального питания растений влияют на аминокислотный состав экстрактивных белков в большей мере, чем на состав неэкстрактивной их части [1]. Указанное влияние выражается в изменении содержания отдельных индивидуальных белков, которые остаются строго специфичными по аминокислотному составу. Изменения количества отдельных индивидуальных белков и определенных групп белков приводят к модификации аминокислотного состава всего белкового комплекса [2, 7]. К настоящему времени большинством исследователей утвердилось во мнении, что аминокислотный состав белков репродуктивных и особенно вегетативных органов растений зависит от условий питания [3, 4, 8—10]. Вместе с тем известно, что изменения содержания большинства аминокислот в белковом комплексе зерна в зависимости от условий питания небольшие. Однако даже незначительные изменения содержания незаменимых аминокислот заметно влияют на пищевые и кормовые достоинства зерна. Рельефность указанных изменений становится более наглядной в том случае, если содержание аминокислот рассматривать не как количество единиц белкового комплекса (моль%), а с учетом общего содержания белка и его аминокислотного состава в целом зерне (г аминокислоты на 1 кг зерна). Недостатком последнего способа представления результатов исследований является большая ошибка из-за наложения (суммирования) ошибок определения как белков, так и аминокислот.

В связи с небольшими изменениями аминокислотного состава белкового комплекса особенно важна математическая обработка результатов анализа, чтобы избежать субъективности в интерпретации полученных результатов. К сожалению, такой подход пока скорее исключение, чем правило. Поэтому большинство выводов в публикуемых статьях по данному вопросу пестрят крайней противоречивостью и зачастую неубедительны. Лишь в том случае, когда аминокислотный состав изучается в процессе роста и развития растений, можно ограничиться представлением средних данных по «точке». Здесь графический анализ позволяет максимально приблизиться к правильному толкованию результатов исследований. Убедительные данные об изменении аминокислотного состава растительных объектов в связи с внешними факторами воздействия можно получить и путем расширения диапазона интенсивности действия этих факторов, например норм азотных удобрений, чем достигаются большие изменения содержания той или иной аминокислоты.

В подобных исследованиях существенно также при изучении действия на растения нескольких факторов применять множественный регрессионный и корреляционный анализы результатов. Интегральная

математическая оценка экспериментальных данных является основой аргументированных выводов.

Проанализировав литературу по компонентной изменчивости белков зерна злаковых культур, можно прийти к заключению, что материалов с математическим описанием результатов исследований их аминокислотного состава в связи с условиями питания совершенно недостаточно. Анализ на аминокислотный состав обычно подвергается столь малое число проб, что применить эффективно математический аппарат для их обработки невозможно. А коль так, то и все сделанные на этой основе выводы нельзя принимать за истину в последней инстанции. Многие из них попросту произвольные.

В своих исследованиях влияния условий питания на аминокислотный состав зерна злаковых культур в выборки для математической обработки мы включили десятки и сотни проб. В данной и последующих публикациях будут приведены только те результаты опытов, которые имеют математическое подтверждение своей истинности.

Методика

Вегетационные и полевые опыты проводили по общепринятым методам со следующими культурами: ячмень сорта Нутанс 187, рожь сорта Приекульская, пшеница сорта Саратовская 29 и другие. Примененные методы определения белков и их

аминокислотного состава изложены в работе [5]. Разделение белковых веществ на экстрактивные и неэкстрактивные осуществляли с помощью извлечения первых боратным буфером [6].

Результаты

В вегетационных опытах с ячменем сорта Нутанс 187, изменяя условия питания, мы достигли различий в его урожайности в 5 раз (11—12 и 55—56 г зерна на сосуд). Формируя выборку проб для анализа, за основу брали не условия минерального питания или накопление белков в зерне, а урожайность. Затем в зависимости от этой величины определяли изменения содержания аминокислот в белковом комплексе (табл. 1). Предпосылкой для такого поиска явилось то, что повышение урожайности тесно связано с улучшением условий развития растений, а химический состав зерна в конечном счете отражает изменения в сдвигах обмена веществ по цепочкам метаболизма.

В данном опыте для 5 аминокислот из 17, определяемых в кислотном гидролизате, установлены уравнения линейной регрессии с высокими значениями коэффициентов парной корреляции, описывающие зависимость между урожайностью и содержанием аминокислот в белках зерна. С увеличением урожайности ячменя в белках зерна содержание аспарагиновой кислоты, аланина, глицина заметно повышалось (при росте урожайности в 5 раз — соответственно на 12, 14 и 19 %), а доля тирозина и лейцина снижалась (на 22 и 12 %).

Уменьшению доли лейцина и особенно тирозина можно дать раз-

ные толкования. Из них наиболее значимым является то, что эти две аминокислоты могут выступать в качестве эндогенных соединений, недостаточный уровень биосинтеза которых является сдерживающим фактором повышения продуктивности ячменя. Но этот вывод умозрительный. Для его подтверждения необходимы дополнительные опыты по инъекции в лимитируемых дозах тирозина или лейцина непосредственно в ткани растений на разных этапах их роста и развития. Если парентеральное питание этими ами-

Т а б л и ц а 1

Уравнения регрессии, описывающие изменения содержания аминокислот в белках (моль %) зерна ячменя в зависимости от урожайности

Аминокислота	Уравнение регрессии	R при P = 0,95
Асп	$y=6,79+0,02x$	0,82
Ала	$y=5,91+0,02x$	0,77
Тир	$y=2,04-0,01x$	-0,83
Лей	$y=7,51-0,02x$	-0,81
Гли	$y=6,19+0,03x$	0,95

Уравнения регрессии, описывающие зависимость накопления аминокислот в зерне ячменя сорта Нутанс 187 (г аминокислоты на 1 кг зерна) от условий минерального питания (n=90)

Аминокислота	Номер опыта	Уравнение регрессии	R (P= 0,95)	R ¹	F
Асп	1	$y=8,30+0,105N-0,0143P-0,0017K+0,0001P^2$	0,66	0,43	1,76
	2	$y=8,544-0,0025N-0,003SP-0,0001K$	0,65	0,42	1,73
Глу	1	$y=23,50+0,0696N+0,0335K-0,0001N^2-0,0002K^2-0,0001PK$	0,87	0,76	4,22
	2	$y=23,51+0,0293N-0,0132P+0,0518K-0,0002K^2+0,0001NP-0,0001PK$	0,74	0,55	2,24
Про	1	$y=12,20+0,0640N+0,0255K-0,0002N^2-0,0002K^2+0,0001NK$	0,69	0,48	1,92
	2	$y=15,58+0,044N+0,0201K-0,0002N^2-0,0001K^2+0,0001NP-0,0001PK$	0,76	0,58	2,40
Лиз	1	$y=4,08+0,0031N-0,0018P$	0,55	0,31	1,44
	2	$y=3,79+0,010N$	0,36	0,13	1,15
Гис	1	$y=2,22+0,0015N-0,0014P$	0,69	0,47	1,89
	2	$y=2,26+0,045N$	0,25	0,06	1,06

нокислотами повысит продуктивность ячменя, то это будет служить подтверждением указанного предположения.

Прогрессирующее накопление в белках аспарагиновой кислоты, аланина, глицина и общая продуктивность ячменя, возможно, обусловлены одними и теми же центрами метаболизма веществ.

Изучение влияния условий минерального питания на накопление аминокислот в зерне ячменя сорта Нутанс 187 мы проводили в разные годы и в полевых опытах, заложенных по факториальным схемам. Почва дерново-подзолистая. В каждом опыте по 45 вариантов, различающихся по нормам азотных, фосфорных и калийных удобрений в интервале от 0 до 180 кг д. в. на 1 га с шагом дозы по 30 кг д. в.

Связь между накоплением аминокислот в зерне и условиями питания (нормами удобрений) определяли, используя математическую модель (квадратичную), в качестве которой было взято уравнение:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2 + a_6x_3^3 + a_7x_1x_2 + a_7x_1x_3 + a_8x_2x_3,$$

где y — содержание аминокислоты в зерне, г/кг; x_1 , x_2 и x_3 — нормы азотных, фосфорных и калийных удобрений, кг д. в. на 1 га.

В результате обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов с пошаговым исключением недостоверных членов уравнения получены производственные функции по отдельным аминокислотам, представленные в табл. 2. Достоверные зависимости по двум годам наблюдались для аспарагиновой и глутаминовой кислот, пролина, лизина и гистидина. Нижний предел достоверности коэффициента корреляции при $n = 90$ равнялся 0,21.

Первый и главный вывод, сделанный по результатам этих опытов, заключается в том, что азотные удобрения оказывают стабильное влияние на накопление в зерне названных пяти аминокислот. Степень положительного влияния фосфора в разные годы исследований была неодинаковой и зависела от других факторов, не учитываемых в данных опытах. В 5 случаях из 10, приведенных в табл. 2, действие фосфора было достоверно отрицательным. Влияние калия неоднозначно: оно было отрицательным в отношении накопления аспарагиновой кислоты и положительным в случае глутаминовой кислоты и пролина, т. е. действие калия проявилось лишь на те аминокислоты, которые занимают ключевое положение в ассимиляции азота. Отрицательное влияние фосфора отмечалось также и при внесении его вместе с калием. Это отражено в 5 уравнениях. Достоверного влияния других парных комбинаций основных элементов питания на накопление аминокислот практически не было, точнее — существенного влияния не обнаружено.

Уравнения регрессии, описывающие зависимость накопления аминокислот в зерне ржи от условий минерального питания (n=90)

Аминокислота	Уравнение регрессии	R (P = 0,95)	R _с
Асп	$y=7,839+0,530N-0,657K+0,118K^2$	0,71	0,50
Глу	$y=19,960+5,239N-0,482N^2$	0,73	0,53
Про	$y=9,616+1,324N$	0,74	0,55
Лиз	$y=4,704+0,228N$	0,72	0,52
Гис	$y=2,530+0,200N$	0,89	0,79
Арг	$y=5,270+0,356N$	0,87	0,76
Фен	$y=4,904+0,648N-0,0210NP$	0,94	0,89
Тир	$y=1,638+0,169N$	0,83	0,68
Лей	$y=6,987+0,635N$	0,91	0,84
Илей	$y=3,618+0,366N$	0,91	0,83
Мет	$y=0,992+0,162N$	0,75	0,56
Вал	$y=5,350+0,096N^2-0,040NK+0,044PK$	0,81	0,65
Цис	$y=1,364+0,174N$	0,43	0,19
Ала	$y=4,414+0,074N^2$	0,57	0,32
Гли	$y=4,018+0,047N^2$	0,75	0,56
Сер	$y=4,532+0,062N$	0,88	0,77
Тре	$(y=3,507+0,206N-0,181P+0,027P^2$	0,85	0,73

Из зерновых злаковых культур рожь больше других подвержена изменению содержания аминокислот. Мы изучали аминокислотную изменчивость зерна ржи сорта Приекульская в опытах, заложенных по факториальным схемам на дерново-подзолистых супесчаных почвах. Математический аппарат, примененный для обработки результатов, тот же, что и в опытах с ячменем.

Анализ аминокислотного состава белкового комплекса зерна ржи показал, что в нем больше всего глутаминовой кислоты (25—29 %), пролина (10—13 %), аспарагиновой кислоты, лейцина (7—8 %), валина (6 %). Содержание аргинина, лизина и фенилаланина — 4—5 %, остальных аминокислот — 1—2 %. Подтвердились данные о значительном изменении аминокислотного состава белкового комплекса зерна ржи под влиянием условий питания.

Если рассматривать не аминокислотный состав белкового комплекса, а накопление аминокислот в зерне ржи, то выявляется, что оно зависит прежде всего от уровня азотного питания. Между всеми протеиногенными аминокислотами и уровнем азотного питания имеется устойчивая положительная связь (табл. 3). Как и у ячменя, особенно заметно изменилось в зерне ржи накопление пролина, аспарагиновой и глутаминовой кислот. Весьма стабильно содержание аминокислот первичного синтеза — аланина, глицина и серина.

Фосфор и калий в отдельности, парные комбинации азота, фосфора и калия не проявили устойчивого достоверного влияния на содержание тех или иных аминокислот. Лишь в отдельных случаях отмечено действие их на накопление аспарагиновой кислоты, фенилаланина, валина и треонина.

Интенсивность накопления тех или иных аминокислот в зерне ржи неодинаковая вследствие специфики изменения состава самого белкового комплекса, а также количества белков в зерне. Например, с увеличением уровня минерального питания растений до 540 кг д. в. азота, фосфора и калия на 1 га накопление аргинина, фенилаланина, изолейцина и метионина в зерне увеличилось в 1,4—1,5 раза, тирозина — примерно в 1,7 раза, валина — в 1,8 раза (табл. 4). Но были аминокислоты, содержание которых увеличивалось и в большей мере. Так, количество глутаминовой кислоты в зерне контрольных растений было 19,7 г, а в зерне вариантов с максимальным уровнем питания — 41,7 г на 1 кг зерна. Еще большим изменениям, если говорить не об абсолютном приросте, а о темпах накопления, подвержен цистеин: его количество увеличилось в 3,3 раза (с 0,8 до 2,5 г на 1 кг зерна). Правиль-

**Содержание аминокислот в зерне озимой ржи (г аминокислоты на 1 кг зерна)
в зависимости от норм минеральных удобрений**

Аминокислота	Контроль	Норма NPK*					
		111	222	333	444	555	666
Асп	7,70	8,47	9,06	8,27	10,93	9,69	9,85
Глу	19,68	24,79	26,19	24,91	32,03	35,77	41,65
Про	11,76	12,82	13,68	12,65	12,65	17,24	14,98
Лиз	4,51	5,08	4,82	5,09	5,78	4,97	5,44
Гис	2,50	2,60	2,68	2,93	3,35	3,68	3,39
Арг	5,30	5,32	5,82	5,90	6,96	7,70	7,38
Фен	5,07	5,40	5,50	6,24	7,66	7,77	8,15
Тир	1,85	1,71	1,70	1,77	2,21	2,78	2,36
Лей	7,21	7,59	7,37	8,33	10,33	9,35	10,68
Илей	3,79	4,07	4,12	4,40	5,50	5,04	6,00
Мет	1,17	1,33	1,08	1,37	1,85	1,44	2,25
Вал	4,99	5,78	6,06	6,15	7,84	6,43	8,96
Цис	0,78	1,91	1,28	2,25	1,22	2,84	2,46
Ала	4,93	3,24	5,15	6,09	6,95	4,08	6,00
Гли	4,12	3,32	4,19	5,14	4,89	4,22	5,99
Сер	4,62	4,33	4,06	5,36	5,05	5,72	5,58
Тре	3,79	3,13	3,54	3,54	4,21	4,29	4,35

* В табл. 4 и 5 одинарная норма равна 30 кг д. в. удобрений; цифрами 1, 2, 3 и т. д. обозначены одинарные, двойные, тройные нормы и т. д.

ную интерпретацию этим результатам можно дать лишь при одновременном анализе изменения содержания в зерне белков (табл. 5).

Из основных элементов питания определяющим по влиянию на накопление белков в зерне ржи тоже является азот. Уравнение регрессии, описывающее это влияние, имеет следующий вид:

$$y (\text{белок}) = 9,870 + 0,827N (R = 0,960; R^2 = 0,915).$$

Таким образом, между уровнем азотного питания ржи и накоплением белков в зерне имеется связь, близкая к функциональной.

В серии полевых опытов с различными сортами пшеницы показано, что по мере созревания зерна увеличение содержания в нем белков

Таблица 5

Накопление белков в зерне в зависимости от норм минеральных удобрений

Шифр варианта	Урожайность, ц/га	Белок		Шифр варианта	Урожайность, ц/га	Белок	
		содержание, %	сбор, кг/га			содержание, %	сбор, кг/га
000	16,4	9,87	162	333	26,3	12,69	334
003	17,6	10,13	178	333	27,0	12,87	347
006	16,6	10,81	179	336	30,4	12,19	371
030	16,4	9,56	157	360	30,6	12,19	373
033	17,8	8,62	153	363	29,5	12,75	376
036	16,7	10,25	171	366	29,3	13,00	381
060	18,0	10,37	187	422	21,7	13,69	297
063	20,0	9,62	192	424	25,0	13,44	336
066	21,3	9,69	206	442	25,4	14,06	357
111	23,9	10,62	254	444	24,4	13,62	332
115	20,3	10,81	219	511	27,6	14,87	410
151	24,8	10,12	251	515	28,0	15,00	420
155	21,7	9,75	212	551	27,6	15,25	421
222	26,5	11,19	297	555	22,5	14,00	315
224	25,8	11,19	289	600	26,4	14,00	370
242	25,2	11,06	279	603	21,4	15,25	326
244	23,0	10,12	233	606	24,6	14,75	363
300	29,7	13,31	395	630	28,5	14,87	424
303	27,0	13,25	358	633	32,4	15,31	496
306	23,0	12,62	290	636	30,6	15,06	461
330	28,4	12,94	368	660	28,5	15,81	451
333	31,0	11,62	360	663	26,5	14,69	389

сопровождается уменьшением общего количества свободных аминокислот, особенно заметным в период формирования — молочная спелость зерновок. В начале образования зерновки поступление аминокислот в нее наиболее значительное.

Общее количество свободных аминокислот во многом зависит от условий азотного питания. С увеличением норм азота в вегетативных органах усиливается накопление азотистых веществ, в том числе свободных аминокислот, что обеспечивает большее поступление их в зерновку практически во все фазы ее созревания. При дефиците азота интенсивность образования азотистых веществ уменьшается. В этих условиях «пул» свободных аминокислот меньше и он более полно используется на биосинтез белков.

В высокобелковых сортах пшеницы белки в зерне накапливаются в значительной мере благодаря повышению содержания глутаминовой кислоты, а также (но в меньшей мере) аргинина и метионина. При этом доля аспарагиновой кислоты, серина, лейцина и тирозина, как правило, сокращается. Увеличение накопления глутаминовой кислоты характерно прежде всего для экстрактивных белков. В низкобелковых сортах накопление белков увеличивается преимущественно за счет пролина, лейцина, а также в некоторой степени метионина. Содержание этих аминокислот повышается как в экстрактивных, так и в неэкстрактивных белках. Относительное содержание глутаминовой кислоты и аргинина с увеличением накопления белков уменьшается. Содержание пролина в неэкстрактивных белках высокобелковых сортов пшеницы с увеличением уровня питания азотом уменьшается. В низкобелковых сортах при этих условиях сокращается доля треонина.

Известно, что уровень биосинтеза белков ограничивается прежде всего той аминокислотой, которая находится в первом минимуме (относительно потребности растения). В наших опытах у всех изучаемых сортов пшеницы при нормальной и высокой обеспеченности растений азотом в период формирования — молочная спелость зерна такой аминокислотой был тирозин. Количество его в свободном состоянии, в экстрактивных и неэкстрактивных белках в эти фазы развития растений было меньше, чем при выращивании без удобрений. В период молочная — полная спелость в указанных случаях в качестве лимитирующей аминокислоты выступал треонин. Содержание его во всех трех фракциях азотистых веществ снижалось. Наряду с этим содержание аспарагиновой кислоты и лейцина в свободном состоянии и в неэкстрактивных белках уменьшалось, в экстрактивных — увеличивалось. Это может указывать на более медленное новообразование данных аминокислот в указанный период, чем включение их в белки. Из-за недостаточной скорости биосинтеза аспарагиновой кислоты и лейцина ограничивается накопление белков. С увеличением уровня питания азотом эту же роль играют глутаминовая кислота и лейцин. В данных условиях количество глутаминовой кислоты в зерне низко-, средне- и высокобелковых сортов пшеницы в свободном состоянии и в экстрактивных белках уменьшается, а в неэкстрактивных — увеличивается. Указанные изменения отмечены в период образования — молочная спелость зерна, в последующие фазы в экстрактивных и неэкстрактивных белках обычно увеличивается содержание глутаминовой кислоты и пролина и уменьшается доля лизина.

При выращивании пшеницы без удобрений в зерне низко-, средне- и высокобелковых сортов снижается содержание фенилаланина в свободном состоянии, не меняется в экстрактивных и увеличивается в неэкстрактивных белках. Поскольку у изучаемых сортов пшеницы при созревании больше всего уменьшается содержание изолейцина и, как правило, аланина в свободном состоянии, в экстрактивных и неэкстрактивных белках, можно предполагать, что они в указанных условиях выращивания растений лимитируют биосинтез белков. Следует обратить внимание и на то, что при всех условиях выращивания в зерне (в гидролизате белка) всех изучаемых сортов пшеницы и период фор-

мирования зерновки накапливается относительно большое количество γ -аминоасляной кислоты.

Одной из характеристик обмена азотистых веществ служит отношение между содержанием глутаминовой кислоты и аминокислот ее семейства. Как указывалось выше, в зерне пшеницы по мере созревания количество этой аминокислоты в экстрактивных и неэкстрактивных белках увеличивается, а аминокислот ее семейства уменьшается. Следовательно, по мере созревания зерна резко снижается активность ферментов, отвечающих за биосинтез аминокислот семейства глутаминовой кислоты, из-за чего содержание последней резко возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крищенко В. П., Гаврилов Ю. С., Кузнецов Н. Е. Влияние некорневой подкормки озимой пшеницы мочевиной на аминокислотный состав различных фракций азотистых веществ. — *Агрохимия*, 1972, № 2, с. 27—32. —
2. Крищенко В. П., Дашдэндэв Д. Д. Условия питания и химический состав зерна ячменя. — *Изв. АН СССР, сер. биол.*, 1978, № 1, с. 71—78. —
3. Крищенко В. П. Влияние условий питания на формирование качества урожая зерновых культур. — В кн.: VIII Междунар. конгр. по минеральным удобрениям. Докл. сов. участников конгресса. Ч. II. М., 1976, с. 29—41. —
4. Крищенко В. П. Формирование качества урожая зерновых культур при различных условиях азотного питания. — В кн.: Влияние применения химических средств на качество урожая с.-х. культур. Тр. ЦИНАО, 1976, вып. 4, ч. I, с. 28—39. —
5. Крищенко В. П. Методы оценки качества растительной продукции. — М.: Колос, 1983. —
6. Крищенко В. П. Методика определения аминокислотного состава растительных образцов и разделения белков на фракции буферными растворами. — *Изв. АН СССР, сер. биол.*, 1978, № 3, с. 405—417. —
7. Guart J. A. D. — *J. Aci. Food Agric.*, 1976, vol. 27, N 6, p. 695—698. —
8. Halbner F. R., Walli J. A. — *J. Agric. Food Chem.*, 1980, vol. 28, p. 433. —
9. Huebner F. R., Donaldson G. L., Wall J. S. — *Ger. Chem.*, 1974, vol. 51, N 2, p. 240—249. —
10. Patly A. L., Waldron N. M. — *J. Aci. Food Agric.*, 1976, vol. 27, N 9, p. 838—842.

Статья поступила 10 февраля 1986 г.

SUMMARY

The amino acid composition of wheat and barley grain proteins was studied under different nutritive conditions in greenhouse and field experiments. High correlation rates between barley grain yield and the content of glycine, asparaginic acid, and alanine are obtained. With increase in the content of amino acids mentioned, the proportion of tyrosine and leucine in grain decreased.

In field experiments with barley, the higher rate of nitrogenous nutrition resulted in significant increase in the content of asparaginic and glutaminic acids, proline, lysine and histidine in grain. Fertilizer phosphorus, as a rule, produced adverse effect on the content of the above mentioned acids, potassium adversely affected the amount of asparaginic acid, but produced favourable effect on the content of glutaminic acid and proline.

In the series of field experiments with wheat, interdependence between the amount of free amino acids and proteins in the process of grain ripening under different nutritive conditions is shown.