

УДК 633.11:631.811:581.19.04:547.96

ВЗАИМОЗАВИСИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАСТВОРИМЫХ И НЕРАСТВОРИМЫХ БЕЛКОВ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

В. П. КРИЩЕНКО, Н. И. СТРЕЛЕЦ, Т. Ф. УШАКОВА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Приводятся данные об изменении аминокислотного состава растворимых и нерастворимых белков зерна озимой пшеницы в зависимости от их количества в белковом комплексе. Дано математическое описание установленных изменений.

Условия минерального питания неодинаково влияют на аминокислотный состав растворимой и нерастворимой частей белкового комплекса растений [2]. При разном уровне питания пшеницы содержание в белковом комплексе зерна нерастворимых и части труднорастворимых белков может меняться от 25 до 50 %. Отдельные компоненты белкового комплекса различаются между собой по аминокислотному составу. Изменение долевой части компонентов в белковом комплексе приводит к изменению его аминокислотного состава, но далеко не всегда в ожидаемом направлении. В связи с этим нами изучалось изменение аминокислотного состава растворимых и нерастворимых белков зерна озимой пшеницы в зависимости от их количества в белковом комплексе. Поводом для проведения исследований послужили результаты работы [4], в которой установлено, что аминокислотный состав белков клейковины зависит от количества в ней белка, а также от содержания клейковины в зерне.

Методика

Для исследований использовали озимую пшеницу сорта Мироновская 808. Выращивали культуру в полевых опытах, в которых изучалось действие удобрений на растения. Белки зерна разделяли на растворимые и нерастворимые путем извлечения первых боратным буфером [3]. Кон-

центрацию аминокислот в гидролизатах белков определяли на анализаторе ЛЦ-7000 фирмы «Биотроник» по методике, изложенной в [3, 5]. Статистическую обработку и интерпретацию результатов проводили с использованием подходов, изложенных в [8].

Результаты

Установлены достоверные различия между изменением содержания ряда аминокислот в связи с изменением содержания групп белков в белковом комплексе (таблица, рис. 1 и 2). В растворимых белках таких аминокислот оказалось 11, в нерастворимых — 12. Закономерных изменений количества остальных аминокислот гидролизата в зависимости от содержания растворимых и нерастворимых белков в белковом комплексе не выявлено. Такое положение мы склонны объяснить тем, что эти изменения небольшие, а точность примененных методов их обнаружения недостаточная. С указанными фактами зачастую связаны невысокие коэффициенты парных корреляций между изменениями содержания аминокислот при достоверной разности.

С увеличением количества растворимых белков и соответственно с уменьшением доли нерастворимых белков в первых уменьшается (здесь и далее в возрастающей последовательности) содержание серина, глицина, тирозина, цистеина и повышается количество валина, фенилаланина и лейцина. При увеличении количества нерастворимых белков в белковом комплексе в них уменьшается доля аргинина, цистеина, фенилаланина, гистидина, лизина и повышается доля глицина, аланина и аспарагина. Установлено однонаправленное изменение количества ва-

**Уравнения регрессии,
описывающие изменения содержания
аминокислот в гидролизатах белков (моль%)
зерна пшеницы в зависимости от их количества
в белковом комплексе**

| Амино-кислота | Уравнение | г при $P=0,95^*$ | Характеристика связи |
|-----------------------------|--------------------|------------------|----------------------|
| Растворимые белки (n= 100) | | | |
| Лей | $y=6,751+0,014x$ | 0,33 | Умеренная |
| Фен | $y=3,298+0,009x$ | 0,39 | » |
| Вал | $y=4,287+0,008x$ | 0,28 | Слабая |
| Сер | $y=6,000-0,008x$ | -0,27 | » |
| Гли | $y=6,423-0,020x$ | -0,39 | Умеренная |
| Тир | $y= 16,194-0,098x$ | -0,48 | » |
| Цис | $y= 10,870-0,216x$ | -0,75 | Сильная |
| Нерастворимые белки (n= 75) | | | |
| Асп | $y=3,233+0,066x$ | 0,61 | Значительная |
| Ала | $y=4,367+0,056x$ | 0,46 | Умеренная |
| Гли | $y=4,697+0,036x$ | 0,47 | » |
| Вал | $y=4,261+0,029x$ | 0,50 | » |
| Арг | $y=4,016-0,016x$ | -0,29 | Слабая |
| Цис | $y=4,015-0,016x$ | -0,32 | Умеренная |
| Фен | $y=4,928-0,022x$ | -0,40 | » |
| Гис | $y= 11,401-0,045x$ | -0,37 | » |
| Лиз | $y= 14,136-0,064x$ | -0,34 | » |

* Нижний предел достоверности г при $P=0,95$ равняется 0,20 (n=100) и 0,22 (n=75) [8].

личение количества аспарагина в нерастворимых белках сопровождается уменьшением содержания цистеина в растворимых и нерастворимых белках, а серина — в растворимых.

В белках эндосперма пшеницы обычно мало лизина, хотя дефицит его в свободном фонде не ощущается [1]. При неблагоприятных условиях количество лизина в свободном состоянии может даже увеличиваться. При созревании семян его содержание в основных белках злаков — проламинах — уменьшается [11]. Нами было отмечено снижение количества лизина в нерастворимых белках при увеличении содержания последних в белковом комплексе. Очевидно, этот процесс в белках репродуктивных

лина и цистеина при увеличении содержания тех и других белков. В обоих случаях содержание валина в них повышается, а цистеина уменьшается.

Аминокислотный состав зерна злаковых, как и других культур, обусловлен генетически. Вместе с тем он является отражением обмена веществ в вегетативных органах и формирующейся зерновке. Для него характерен определенный диапазон изменчивости. Это дает основания при обсуждении данных об особенностях обмена веществ в вегетативных органах перекинуть мостик к интерпретации результатов изучения химического состава репродуктивной части растений.

В настоящее время известны два пути биосинтеза аспарагина в растениях с участием аспартата, с одной стороны, или серина и цистеина, с другой [1, 9]. Справедливо делается вывод, что способность растений образовывать аспарагин за счет углерода указанных аминокислот является свойством, в значительной степени определяющим формирование фонда данного амида в клетке. В подтверждение этого укажем, что в наших исследованиях уве-

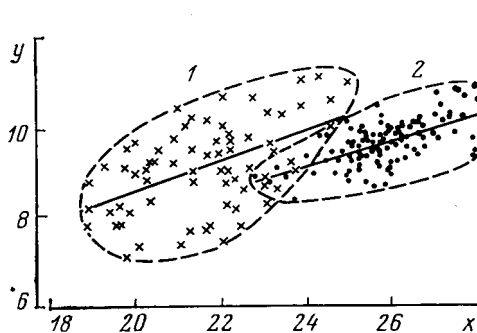


Рис. 1. Зависимость между содержанием пролина (y) и глутаминовой кислоты (x) в гидролизатах растворимых (2) и нерастворимых (1) белков зерна пшеницы (моль%).

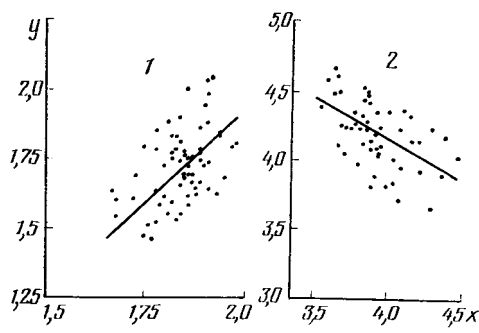


Рис. 2. Зависимость между содержанием гистидина (1) и изолейцина (2) в гидролизатах нерастворимых (y) и растворимых (x) белков зерна пшеницы (моль%).

органов пшеницы характерен для большей части составляющих их компонентов.

Сказанное выше в такой же мере относится к аргинину, содержание которого в нерастворимых белках по мере увеличения их количества снижается. Отсюда следует, что при увеличении в белковом комплексе зерна доли нерастворимой его части несколько снижается потенциальная возможность накопления азота.

Достоверные изменения содержания простейшей из аминокислот — глицина — свойственны тем и другим белкам. Увеличение накопления растворимых белков в зерне сопровождалось относительным снижением в них количества этой аминокислоты. Изменение соотношения между растворимыми и нерастворимыми белками в зерне в пользу последних сопровождалось усиленным накоплением глицина. Нерастворимые белки по данной аминокислоте более лабильны, чем растворимые. Что касается аминокислотного состава, то у первых он менее варьирует, чем у последних. Это согласуется с результатами наших исследований [2].

По направленности изменение содержания фенилаланина было противоположно таковому для глицина, а по степени проявления — почти в 2 раза меньше.

Азот в растениях ассимилируется однотипно — через синтез глутамина и глутамата [1, 9]. В литературе имеются убедительные данные о взаимопревращениях пролина и глутамина [10, 12]. В наших исследованиях, проведенных ранее, выявлена зависимость между содержанием глутаминовой кислоты и пролина в зерне пшеницы при разном уровне азотно-фосфорно-калийного питания растений [7], а также между изменением количества этой аминокислоты и аминокислот ее семейства при созревании зерна [6]. Данные, обсуждаемые в настоящем сообщении, расширяют наши представления о взаимоотношении этих аминокислот. Установлено, что в растворимых и нерастворимых белках при увеличении содержания глутаминовой кислоты повышается количество пролина (рис. 1) — $y = 2,5194 + 0,272x$ ($r = 0,65$ при $n = 110$) и $y = 1,8874 + 0,335x$ ($r = 0,56$ при $n = 70$). В растворимых белках глутаминовой кислоты в среднем больше, чем в нерастворимых. Средневзвешенное содержание пролина в тех и других белках различается мало, но концентрация его чуть больше в растворимой части белкового комплекса зерна. Для нерастворимых белков характерен больший разброс результатов определения обсуждаемых показателей.

Установлены определенные взаимоотношения между изучаемыми группами белков по содержанию гистидина и изолейцина (рис. 2). Повышение количества гистидина в растворимых белках сопряжено с увеличением содержания его в нерастворимой части белков. Эта зависимость непрямопропорциональная, она описывается уравнением $y = 0,309 + 0,768x$ ($r = 0,41$ при $n = 65$). Между количеством изолейцина в растворимых белках и содержанием этой аминокислоты в нерастворимых белках зависимость отрицательная: чем больше изолейцина в последних, тем меньше в первых: $y = 6,509 - 0,591x$ ($r = -0,49$ при $n = 50$). Есть все основания отнести отмеченные изменения к специфическому проявлению единства изучаемых групп белков.

Заключение

Содержание большинства протеиногенных аминокислот в растворимых и нерастворимых белках зерна пшеницы зависит от количества этих белков в белковом комплексе. При увеличении содержания глутаминовой кислоты в растворимых и нерастворимых белках в них повышается количество пролина. Имеются определенные взаимоотношения между изучаемыми группами белков и по содержанию гистидина и изолейцина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Измайлов С. Ф. Азотный обмен в растениях. — М.: Наука, 1986. — 2. Кри-
щенко В. П., Гаврилов Ю. С., Куз-
нецова Н. Е. Влияние некорневой под-

кормки озимой пшеницы мочевиной на аминокислотный состав различных фракций азотистых веществ. — *Агрехимия*, 1972, № 2, с. 27—32. — 3. 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—407. — 4. Крищенко В. П., Косорук М. Л. Об изменениях аминокислотного состава и содержания белков клейковины в зерне пшеницы. — *Агрехимия*, 1982, № 5, с. 43—50. — 5. Крищенко В. П. Методы оценки качества растительной продукции. — М.: Колос, 1983. — 6. Крищенко 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. — 7. Крищенко В. П., Байнаре А. Я., Балодее Г. Ф. и др. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания и количества осадков. — *Изв. ТСХА*, 1987, вып. 3, с. 86—91. — 8. Лакин Г. Ф. Биометрия. — М.: Высшая школа, 1973. — 9. Майстер А. Биохимия аминокислот. — М.: ИЛ, 1961. — 10. Boggess S. F., Коерре D. E., Stewart C. R. — *Plant Physiol.*, 1978, vol. 62, N 1, p. 22—25. — 11. Elthon Th. E., Stewart C. R. — *Plant Physiol.*, 1981, vol. 67, N 4, p. 780—784. — 12. Singh U., Chatterjee S. R. — *Ind. T. Exp. Biol.*, 1976, vol. 14, N 5, p. 635—636.

Статья поступила 20 мая 1987 г

SUMMARY

On grain samples of wheat grown in a field experiment with application of mineral fertilizers at different rates, variation in amino acid composition of soluble and non-soluble proteins with their amount in protein complex was studied. Reliability of variations in the amount of 11 amino acids in soluble proteins and that of 12 amino acid in non-soluble proteins is confirmed mathematically. It is shown that higher amount of glutamic acid in soluble and non-soluble proteins is accompanied by increased amount of proline in them. Definite interrelation between the groups of proteins mentioned above are established according to the content of histidine and isoleucine.