

УДК 633.11:631.811:581.19.04:547.96

## **ВЗАИМОЗАВИСИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕРНА У ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР**

**В. П. КРИЩЕНКО, Л. В. ВОЛКОВА, Г. Х. КАРАМАТОВА**

**(Кафедра агрономической и биологической химии)**

На коллекционном материале ВИР изучались взаимозависимые изменения содержания белка, крахмала, жира и клетчатки в зерне пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы и риса. Для исследований использовали пробы зерна разных видов и разновидностей культур, выращенных в идентичных условиях. Дано математическое описание зависимостей изменения содержания по следующим парам компонентов: белок  $\times$  крах мал, белок $\times$ жир, белок  $\times$  клетчатка, белок  $\times$  фосфор, белок  $\times$  калий.

Изучение изменчивости химического состава зерна растений в пределах вида остается одной из важных проблем в биохимии. Особенно это актуально для злаковых культур, которые доминируют в сельскохозяйственном производстве большинства стран мира и обеспечивают получение основного количества растительного белка.

Установление и количественная характеристика закономерных изменений химического состава зерна у отдельных родов послужат цен-

ным исходным материалом для селекционной работы, направленной на повышение качества урожая.

Научными учреждениями нашей страны широко изучается химический состав коллекционного материала. Достаточно указать на каталоги Всесоюзного института растениеводства им. Н. И. Вавилова [1]. Недостатком этих работ, однако, является ограниченное число показателей химического состава зерна, характеризующих биохимию рода.

В своих исследованиях мы попытались установить взаимосвязь между изменениями основных показателей, определяющих качество зерна (содержание белка, крахмала, жира и клетчатки), на уровне рода. Из 8 основных родов семейства злаков было взято 6: пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза и рис.

### Методика

Для исследования использовали пробы зерна, полученные во Всесоюзном институте растениеводства им. Н. И. Вавилова. Соответственно культурам они были представлены разными видами, разновидностями и сортами из разных стран и континентов. Их репродукция осуществлялась в идентичных условиях. Содержание белка, крахмала, жира и клетчатки определяли методом инфракрасной спектроскопии на

приборе ИнфраАлайзер фирмы «Техникон» по методике, изложенной в [2], а фосфора и калия — по [3]. При подборе проб зерна добивались возможно большего диапазона колебания изучаемых показателей. Статистическую обработку результатов проводили с использованием подходов, изложенных в [4]. Данные представлены в расчете на натуральную влажность зерна.

### Результаты

Основную часть углеводов зерна злаковых культур, как известно, составляет крахмал. В пробах зерна пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы и риса его количество составило соответственно в среднем (в %): 62,7; 67,7; 61,1; 56,1; 65,5 и 63,7 (рис. 1), диапазон колебания от среднего значения равнялся 31, 14, 30, 17, 28 и 20. Соответственно этому доля белка в зерне была следующей (в %): 12,1; 11,5; 12,5; 11,3; 10,5 и 8,3 с диапазоном колебания 59, 58, 39, 52, 48 и 45. Диапазон изменения содержания белка в зерне перечисленных культур превышал таковой крахмала соответственно в 1,9; 4,1; 1,3; 3,1; 1,7 и 2,3 раза. Эти показатели важны для характеристики изменений интенсивности функционирования отдельных звеньев обмена веществ. Что касается абсолютных величин (изменение диапазона содержания белка и крахмала в г на 100 г зерна), то они больше, причем, как правило, namного — по крахмалу соответственно в 2,8; 1,4; 3,7; 1,6; 3,6 и 3,5 раза.

Уравнения регрессии, описывающие взаимозависимые изменения содержания белка и крахмала в зерне, представлены в таблице. По всем культурам они были отрицательными — при увеличении накопления крахмала содержание белка снижалось.

Для овса и кукурузы эта связь очень сильная, для пшеницы, ржи и риса — сильная, для ячменя — значительная.

Наличие отрицательной взаимозависимости изменения содержания названных компонентов еще не означает, что она будет прослеживаться и при возделывании культурных сортов данных видов растений. Условия минерального питания и другие факторы будут вносить существенные коррективы в проявление указанной зависимости.

Жиры зерна злаковых культур состоят в основном из ненасыщенных высокомолекулярных жирных

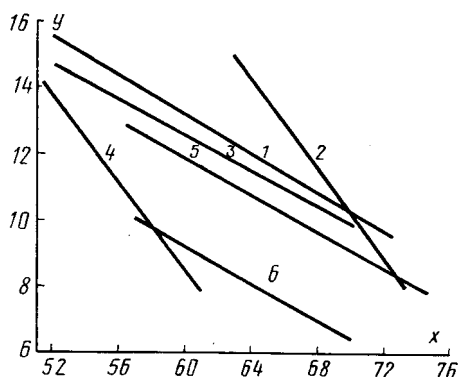


Рис. 1. Зависимость между изменением содержания белка ( $y$ ) и крахмала ( $x$ ) в зерне пшеницы (1), ржи (2), ячменя (3), овса (4), кукурузы (5) и риса (6).

**Уравнения регрессии, описывающие зависимость изменений  
компонентного состава зерна злаковых культур (%)**

Культура	Члены уравнения		Вид уравнения	Число наблюдений	r при P = 0,95	Характеристика связи
	y	x				
Пшеница	Белок	Крахмал	$y=32,127-0,318x$ :	60	<b>-0,88</b>	Сильная
Рожь	»	»	$y=57,320-0,684x$ :	42	-0,84	»
Ячмень	»	»	$y=25,808-0,276x$ :	38	-0,60	Значительная
Овес	»	»	$y=51,426-0,686x$ :	30	-0,92	Очень сильная
Кукуруза	»	»	$y=36,511-0,041x$ :	48	-0,91	»
Рис	»	»	$y=32,611-0,337x$ :	35	-0,84	Сильная
Пшеница	Жир	Белок	$y=1,067+0,107x$ :	60	0,60	Значительная
Рожь	»	»	$y=0,815+0,109x$ :	42	0,77	Сильная
Ячмень	»	»	$y=-4,472+0,385x$ :	34	0,71	»
Овес	»	»	$y=-3,120+0,384x$ :	44	0,82	»
Кукуруза	>	»	$y=5,190-0,082x$ :	30	-0,54	Значительная
Рис	»	»	$y=2,944-0,080x$ :	41	-0,52	»
Пшеница	Клетчатка	Белок	$y=-0,818+0,262x$ :	60	0,82	Сильная
Рожь	»	»	$y=1,322+0,082x$ :	42	0,59	Значительная
Ячмень	»	»	$y=-1,723+0,690x$ :	35	0,89	Сильная
Овес	»	»	$y=7,111+0,361x$ :	42	0,87	»
Кукуруза	»	»	$y=-2,489+0,271x$ :	42	0,59	Значительная
Рис	»	»	$y=4,426+0,691x$ :	35	0,74	Сильная

кислот. В анализируемых пробах зерна пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы и риса количество их в среднем соответственно равно (в %) 1,8; 1,7; 2,4; 3,4; 4,2 и 2,1 (рис. 2), диапазон колебания: 56, 35, 75, 82, 12 и 19. Одним из основных моментов, обуславливающих изменение содержания жира, является изменение соотношения между массами зародыша и эндосперма семени. Отсюда естественным было бы ожидать наличие устойчивых зависимостей между изменениями содержания белка и жира. Для хлебных злаков 1-й группы (другими словами, типичных хлебов) — пшеница, рожь, ячмень, овес — при увеличении накопления белков содержание жира повышалось. Эти изменения характеризовались сильной (рожь, ячмень, овес) и значительной (пшеница) связями. У изучаемых хлебных злаков 2-й группы — кукуруза и рис — связь по знаку положительная, а по характеристике — значительная.

Содержание клетчатки является важнейшим показателем качества зерна. Чем больше клетчатки, тем меньше выход муки у пшеницы и ржи. Известно, что клетчатка входит в состав скелетных образований клеточных оболочек. С ее количеством тесно коррелирует содержание труднорастворимых и особенно нерастворимых белковых веществ. Все это обуславливает наличие связи между содержанием в зерне суммарных белков и клетчатки (рис. 3).

Как показали результаты наших исследований, у всех зерновых культур прослеживалась положительная зависимость между содержанием белка и клетчатки в зерне. В четырех случаях (пшеница, ячмень, овес, рис) установлена сильная связь, в двух (рожь, кукуруза) — значительная. В среднем по культурам — пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза, рис — содержание клетчатки составило (в %): 2,1; 2,2; 6,9; 11,2; 2,0 и 10,1, а диапазон количественных изменений показателя равнялся 67, 32, 51, 20, 100 и 26.

Анализируя результаты исследования изменений макромолекулярного состава зерна злаковых культур, следует указать, что белки, занимая центральное место в обмене веществ в растениях, имеют определенные динамические взаимосвязи с изменяющимся содержанием крахмала, клетчатки и жира. С содержанием крахмала эта взаимосвязь отрицательная, клетчатки — положительная, жира — положительная и отрицательная. Необходимо отметить, что увеличение содержания белка в зерне кукурузы и риса сопровождалось незначитель-

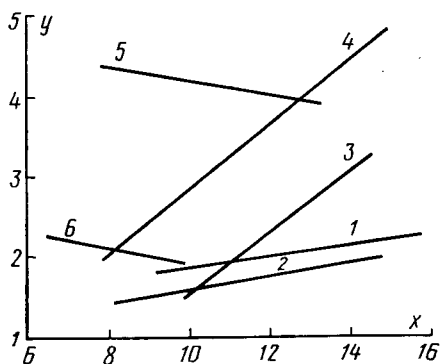


Рис. 2. Зависимость между изменением содержания жира ( $y$ ) и белка ( $x$ ) в зерне злаковых культур. Обозначения те же, что на рис. 1.

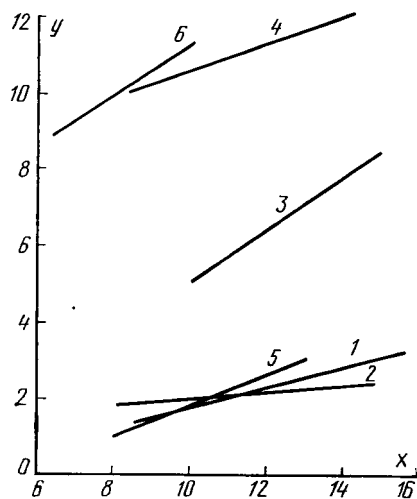


Рис. 3. Зависимость между изменением содержания клетчатки ( $y$ ) и белка ( $x$ ) в зерне злаковых культур. Обозначения те же, что на рис. 1.

ным снижением доли жира, тогда как у других злаков зависимость иная. Во-первых, отрицательная зависимость хотя и мало выражена, но более логична, чем положительная связь между изменением содержания указанных веществ в зерне пшеницы, ржи, ячменя и овса. Для подтверждения этого приведем данные, полученные нами в аналогичных исследованиях с соей, — при повышении в зерне содержания жира с 16,8 до 20,3 % накопление белка в нем уменьшилось с 41,1 до 33,2 % ( $y=34,425-0,430x$ ;  $y=33$ ;  $r=-0,93$ ), то есть при увеличении количества жира на одну единицу содержание белка снижалось более чем

на две единицы, во-вторых, содержание клетчатки в зерне пшеницы, ржи и кукурузы небольшое, близкое между собой, причем оно меняется незначительно. В-третьих, содержание белка и крахмала наиболее близкое у ржи и овса, что и отличает эти культуры в биохимическом отношении от пшеницы, ячменя, кукурузы и риса.

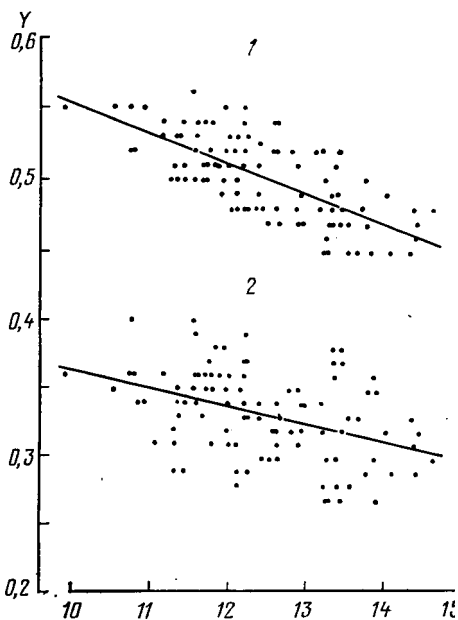


Рис. 4. Зависимость между изменением содержания белка ( $x$ ), фосфора и калия ( $y$ ) в зерне пшеницы.

1 — белок  $\times$  калий;  $n=100$ ;  $r=-0,71$ ;  $y=0,757-0,021x$ ; 2 — белок  $\times$  фосфор;  $n=100$ ;  $r=-0,39$ ;  $y=0,483-0,012x$ .

подавляющая часть минеральных веществ в зерне злаков входит в состав органических соединений. Количество золы в них, как правило, колеблется от 1,5 до 4,8 %. Из минеральных элементов в зерне (кроме пленчатых видов) больше всего фосфора и калия — обычно свыше  $\frac{2}{3}$  общего количества золы, а также магния. В золе пленчатых злаков половина золы представлена кремнием, затем идут фосфор, калий и магний.

Поскольку изменение содержания белков в растениях — это

доминирующий признак динамического состояния других параметров, важно выяснить, имеется ли зависимость между их количеством и содержанием отдельных зольных элементов в зерне. Для исследования использовали пробы зерна пшеницы сорта Мироновская 808, отобранные в полевом опыте, в котором изучалось действие минеральных удобрений на урожай и его качество. В опыте нами установлена отрицательная зависимость между содержанием в зерне белка, с одной стороны, фосфора и калия с другой (рис. 4). Чем больше содержится белка в зерне, тем меньше накапливается в нем фосфора и калия.

Таким образом, изменения содержания белка следует рассматривать как доминантное явление, по которому можно судить о направленности изменения количества крахмала, жира, клетчатки и отдельных зольных элементов в зерне злаков. Изменения химического состава зерновок, в том числе содержания минеральных элементов, поддаются математическому описанию и взаимосвязаны между собой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каталог образцов пшеницы из мировой коллекции ВИР с характеристикой содержания у них белка, лизина и триптофана (вып. 82). — Л.: 1971. — 2. Крищенко В. П., Сазонов Ю. Г., Горшкова Г. И., Веселитская Т. В. Определение белка, крахмала, клетчатки, жира и влаги в вегетативной массе и зерне методом измерения интенсивности отражения инфракрасного излучения. — *Агрохимия*, 1980, № 6, с. 128—133. — 3. Крищенко В. П. Методы оценки качества растительной продукции. — М.: Колос, 1983. — 4. Лакин Г. Ф. Биометрия. — М.: Высшая школа, 1973.

Статья поступила 18 марта 1987 г.

#### SUMMARY

On the material collected in All-Union Research Institute for Plant Growing the interconnection between variations in the content of protein and that of starch fat, fiber, phosphorus and potassium was studied. Grain samples of wheat, rye, barley, oats, corn, and rice were collected for studying. Equations of linear regression describing these variations and paired correlation coefficients have been established. The interpretation of the variations and recommendations for their utilization are given in the paper.