

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНА СОИ

И. А. БЕРЕЖНОЙ
А. Т. ВОЛКОВ
В. Н. РЯБЧЕНКО

Размерные характеристики зерна сои являются определяющими при выборе способа очистки и сортировки семян, а также решет и размеров отверстий дисков высевающих аппаратов. Исследование зависимости удельного веса от размеров семян позволяет решить вопрос, возможно ли разделение семян по этому признаку.

В связи с этим мы изучали зависимость между размерами, объемом и весом семян сои, между удельным весом и размерами зерен сортов Салют 216 и Хабаровская 4, не сортированных и сортированных на решетках.

По теории вероятности, необходимый для достижения определенной точности объем выборки из неограниченной совокупности можно найти по формуле:

$$n = \frac{t^2 \cdot S^2}{j^2}, \quad (1)$$

где: n — объем выборки в штуках,
 t — критерий Стьюдента,
 s — среднее квадратическое отклонение,
 j — планируемая ошибка средней.

Для выбранной надежности опыта $P = 0,99$ и уровня значимости $0,01$, $t = 3$ (1). Среднее квадратическое отклонение размеров зерен не превышает $0,6$ по данным предварительных опытов. Принимаем ошибку средней в два раза меньшей классовой промежутка, то есть $0,1$ мм. Подставляя данные в формулу (1), получаем объем выборки:

$$n = \frac{3^2 \cdot 0,6^2}{0,1^2} = 324 \quad (2)$$

Учитывая противоречивые литературные данные по объему выборки, мы производили проверку такого объема для семян сои. Изучались выборки из 100, 200, 300 и 500 зерен Хабаровской 4. Отбор производился по методу средней пробы ГОСТ 5055-56. Длина (1), ширина (с) и толщина (b) измерялись индикатором (рис. 1) с точностью до

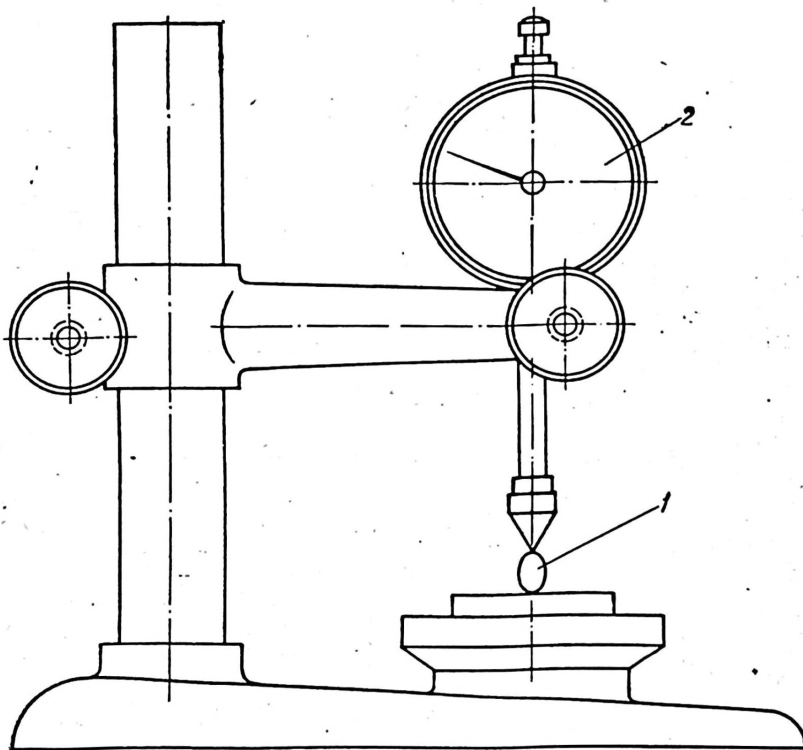


Рис. 1. Схема определения размеров зерна сои. (1 — зерно, 2 — индикатор).

0,01 мм. Объем зерна определялся методом гидростатического взвешивания. В сосуд с водой погружалась игла с наколотым на ней семенем, так что глубина погружения свободной части иглы составляла 2—3 мм. Погрешность — менее 0,5% объема зерна.

Для анализа выборок различного объема строились корреляционные решетки, ряды и вариационные кривые. Классовый промежуток для построения корреляционных решеток принимался равным 0,2 мм по рекомендации М. Н. Летошнева (2). При обработке определялись следующие величины:

1. Среднее квадратическое отклонение:

$$S_x = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$$

где: $\bar{x} = \frac{\sum n_x \cdot x}{n}$; $\overline{x^2} = \frac{\sum n_x \cdot x^2}{n}$; (3)

где: x — значения исследуемой величины,
 n_x — частота классового промежутка,
 \bar{x} — средневзвешенная величина,
 $\overline{x^2}$ — средняя квадрата,
 n — объем выборки.

2. Коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S_x \cdot S_y},$$

где: $\overline{x \cdot y}$ — среднее произведения,

\bar{y} — средневзвешенная исследуемой величины.

3. Коэффициенты регрессии:

$$b_{\frac{x}{y}} = r \cdot \frac{S_x}{S_y} \quad b_{\frac{y}{x}} = r \cdot \frac{S_y}{S_x}$$

где: $b_{\frac{x}{y}}$ — коэффициент регрессии x на y,

$b_{\frac{y}{x}}$ — коэффициент регрессии y на x,

S_x — среднее квадратическое отклонение x,

S_y — среднее квадратическое отклонение y.

4. Коэффициенты асимметрии:

$$A = \frac{\sum n_x (x - \bar{x})^3}{n \cdot S^3}$$

5. Коэффициенты эксцесса:

$$E = \frac{\sum n_x (x - \bar{x})^4}{n \cdot S^4}$$

6. Критерий существенности коэффициента асимметрии:

$$t_A = \frac{A}{S}$$

7. Критерий существенности коэффициента эксцесса:

$$t_E = \frac{E}{S}$$

8. Уравнения линейных регрессий по методу наименьших квадратов:

$$x_0 = \bar{x} + b_{\frac{x}{y}}(y - \bar{y}) \quad y_0 = \bar{y} + b_{\frac{y}{x}}(x - \bar{x})$$

где: x_0 и y_0 — теоретическое значение признаков.

9. Корреляционное отношение:

$$q_{\frac{y}{x}} = \frac{S_{y\bar{i}}}{S_y},$$

где: $S_{y\bar{i}}$ — среднее квадратическое отклонение групповых средних.

Среднее квадратическое отклонение групповых средних определяется по формуле:

$$S_{y\bar{i}} = \sqrt{\frac{\sum n_y (\bar{y}_i - \bar{y})^2}{n - 1}},$$

где: y_i — групповые средние.

10. Критерий криволинейности:

$$t = \frac{q^2 - r^2}{S_{q-r}},$$

где: S_{q-r} — ошибка разности, определяемая по формуле:

$$S_{q-r} = \frac{2 \sqrt{[(q^2 - r^2) - (q^2 - r^2)^2] (2 - q^2 - r^2)}}{\sqrt{n}}$$

Величина критерия t сравнивалась с табличным значением.

11. Удельный вес зерна по формуле:

$$d = \frac{G}{V},$$

где: G — вес зерна в г,

V — объем зерна в см^3 .

Данные, полученные в результате математической обработки выборок различного объема, приведены в табл. 1. Анализ этих данных показывает, что для объемов выборки 100, 200, 300 и 500 семян среднее значение линейных размеров изменяется в пределах 0—3,5%, среднее квадратическое отклонение колеблется до 17% и с увеличением величины выборки возрастает. Уравнения регрессий и коэффициенты корреляций очень близки и выражают почти одинаковую корреляционную связь между размерными параметрами для различных объемов выборки, то есть для 100, 200, 300 и 500 семян.

Таким образом, чтобы определить характер связи, достаточно брать 100 семян. Для выявления закономерности, которая оценивается среднеквадратическим отклонением S и коэффициентом корреляции r , необходимо брать 500 зерен из общей совокупности, так как разница средних квадратических отклонений, коэффициентов корреляции превышает 10% — что и было учтено нами в дальнейшем.

Результаты измерений и математической обработки опытов для несортированных зерен сои приведены в табл. 2, а для сортированных на решетках с продолговатыми отверстиями — в табл. 3. Сортированные семена, подвергшиеся измерениям, брались из «схода» с решетки. Данные табл. 2 и 3 показывают, что интервалы изменения размеров сортированных семян более узки, чем у несортированных. Приводим данные о пределах варьирования размеров семян (в мм):

	<i>Длина</i>	<i>Ширина</i>	<i>Толщина</i>
Сортированные	5—9	5—7,8	4,6—6,6
Несортированные	5—9,6	4,4—8	3,6—7

Таким образом, диаметр отверстия высевальных аппаратов, при высеве сортированных зерен сои должен составлять 9 мм: тогда пройдут самые большие зерна, даже если они будут западать в отверстия по длине, и вместе с тем не смогут одновременно пройти два зерна, так как их минимальная толщина — 4,6 мм. При высеве несортированных зерен вероятность прохождения через отверстие одновременно двух зерен не исключена, хотя и мала.

Коэффициенты асимметрии t_A и эксцесса E и параметры существенности коэффициентов асимметрии t_A и коэффициентов эксцесса t_E (табл. 4) показывают, что изучаемые распределения по длине, ширине и толщине зерен сои относительно средних близки к нормальному распределению, но в большинстве имеют резко выраженную островершинность (1).

Семена, отсортированные на решетках с продолговатыми отверстиями шириной 5 мм, отличаются по статистическим показателям от несортированных семян. Как видно из рис. 2 и 3, у семян сорта Салют 216 после сортировки коэффициент асимметрии для распределения по толщине и длине увеличился, у вариационной кривой не стало нижней части левой ветви. При этом коэффициент эксцесса распределения по длине снизился.

Таблица 1

Статистические показатели выборок различного объема зерен сорта Хабаровская 4 урожай 1964 г.

(д — длина, ш — ширина, т — толщина, r — коэффициент корреляции)

Объем выборки зерен	Пределы изменения и значения средних:			Уравнения регрессий и коэффициенты корреляции:			Средние квадратические отклонения:		
	д	ш	т	$t = f(\text{ш})$	$\text{ш} = f(\text{д})$	$t = f(\text{д})$	S_d	$S_{\text{ш}}$	S_t
100	5,4—8,4 5,954	4,8—7,2 6,084	3,8—5,8 5,064	$t = 0,604\text{ш} + 1,38$ $r = 0,792$	$\text{ш} = 0,42\text{д} + 3,16$ $r = 0,501$	$t = 0,23\text{д} + 3,48$ $r = 0,354$	0,555	0,466	0,356
200	5,4—9,0 7,103	4,6—7,2 6,214	4,0—6,0 5,192	$t = 0,66\text{ш} + 1,08$ $r = 0,778$	$\text{ш} = 0,35\text{д} + 3,77$ $r = 0,447$	$t = 0,25\text{д} + 3,40$ $r = 0,377$	0,5236	0,413	0,35
300	5,0—9,2 7,134	4,6—7,2 6,205	4,0—6,0 5,205	$t = 0,595\text{ш} + 1,7$ $r = 0,692$	$\text{ш} = 0,365\text{д} + 3,6$ $r = 0,457$	$t = 0,2\text{д} + 3,78$ $r = 0,308$	0,578	0,463	0,377
500	5,0—8,6 6,899	4,4—7,4 6,06	3,6—6,2 5,089	$t = 0,66\text{ш} + 1,075$ $r = 0,792$	$\text{ш} = 0,44\text{д} + 3,03$ $r = 0,538$	$t = 0,32\text{д} + 2,87$ $r = 0,472$	0,5947	0,4844	0,4049

195

Таблица 3

Статистические показатели несортированных зерен сорта

(д — длина, ш — ширина, т — толщина, r — коэффициент корреляции)

С о р т	Пределы изменения и значения средних:			Уравнения регрессий и коэффициент корреляции:			Средние квадратические отклонения:		
	д	ш	т	$t = f(\text{ш})$	$\text{ш} = f(\text{д})$	$t = f(\text{д})$	S_d	$S_{\text{ш}}$	S_t
Салют 216, урожай 1959 г.	5,8—9,4 7,046	5,0—7,4 6,372	4,2—7,0 5,689	$t = 0,95\text{ш} + 0,30$ $r = 0,845$	$\text{ш} = 0,56\text{д} + 2,42$ $r = 0,735$	$t = 0,52\text{д} + 2,02$ $r = 0,506$	0,5461	0,4156	0,4682
Хабаров- ская 4, урожай 1961 г.	5,4—9,0 7,31	4,8—8,0 5,704	3,8—6,8 5,476	$t = 0,6\text{ш} + 1,47$ $r = 0,651$	$\text{ш} = 0,5\text{д} + 3,02$ $r = 0,599$	$t = 0,24\text{д} + 3,69$ $r = 0,32$	0,479	0,4033	0,3698

Сорт	Пределы изменения и значения средних:			Уравнения регрессий и коэффициент корреляции:			Средние квадратические отклонения:		
	д	ш	т	$\tau = f(\text{ш})$	$\text{ш} = f(\text{д})$	$\tau = f(\text{д})$	S_d	$S_{\text{ш}}$	S_t
Хабаровская 4, урожай 1964 г.	5,0—8,6 6,899	4,4—7,4 6,06	3,6—6,2 5,089	$\tau = 0,66\text{ш} + 1,075$ $r = 0,792$	$\text{ш} = 0,44\text{д} + 3,03$ $r = 0,538$	$\tau = 0,32\text{д} + 2,87$ $r = 0,472$	0,5947	0,4844	0,4049
Хабаровская 4, урожай 1965 г.	5,6—9,6 7,336	5,0—7,6 6,28	3,8—6,2 5,091	$\tau = 0,68\text{ш} + 0,78$ $r = 0,777$	$\text{ш} = 0,51\text{д} + 2,54$ $r = 0,749$	$\tau = 0,399\text{д} + 2,22$ $r = 0,649$	0,597	0,4059	0,3582

Таблица 3

Статистические показатели сортированных зерен сои
(д — длина, ш — ширина, т — толщина, r — коэффициент корреляции)

136

Сорт и ширина прямоуг. отверстия решета	Пределы изменения и значения средних:			Уравнения регрессий и коэффициент корреляции:			Среднее квадратическое отклонение:		
	д	ш	т	$\tau = f(\text{ш})$	$\text{ш} = f(\text{д})$	$\tau = f(\text{д})$	S_d	$S_{\text{ш}}$	S_t
Салют 216, урожай 1960 г., 5 мм	5,4—8,2 6,7764	5,2—7,0 6,1556	5,0—6,4 5,5824	$\tau = 0,694\text{ш} + 1,308$ $r = 0,698$	$\text{ш} = 0,467\text{д} + 2,99$ $r = 0,662$	$\tau = 0,3\text{д} + 3,55$ $r = 0,425$	0,4569	0,3250	0,3223
Салют 216, урожай 1962 г., 4 мм	5,2—8,0 6,6324	5,0—7,2 6,2128	4,6—6,6 5,578	$\tau = 0,674\text{ш} + 1,39$ $r = 0,707$	$\text{ш} = 0,577\text{д} + 2,38$ $r = 0,586$	$\tau = 0,45\text{д} + 2,56$ $r = 0,568$	0,4297	0,3612	0,3446
Салют 216, урожай 1962 г., 5 мм	5,2—7,8 6,52	5,4—7,0 6,15	4,8—6,4 5,47	$\tau = 0,77\text{ш} + 0,73$ $r = 0,733$	$\text{ш} = 0,48\text{д} + 3,04$ $r = 0,62$	$\tau = 0,535\text{д} + 1,98$ $r = 0,478$	0,3715	0,2872	0,303
Салют 216, урожай 1959 г., 5 мм	6,0—9,0 7,1244	5,2—7,8 6,488	5,0—7,2 5,866	$\tau = 0,847\text{ш} + 0,37$ $r = 0,756$	$\text{ш} = 0,466\text{д} + 3,05$ $r = 0,602$	$\tau = 0,36\text{д} + 3,30$ $r = 0,415$	0,4837	0,3744	0,4194
Салют 216, урожай 1961 г., 5 мм	5,6—8,4 6,92	5,4—7,2 6,21	4,6—6,6 5,64	$\tau = 0,78\text{ш} + 0,90$ $r = 0,706$	$\text{ш} = 0,517\text{д} + 2,63$ $r = 0,746$	$\tau = 0,35\text{д} + 3,24$ $r = 0,461$	0,4259	0,2957	0,3194

Коэффициенты асимметрии, эксцесса и критерии их существенности
(д — длина, ш — ширина, т — толщина)

Сорт и ширина прямоуг. отверстия решета	Коэффициенты А, Е, а также t_A , t_E (в скобках) распределений:		
	по д	по ш	по т
Сортированные семена			
Салют 216, урожай 1960 г., 5 мм	A=0,43 (0,95) E=3,35 (7,35)	A=0,13 (0,41) E=1,48 (4,55)	A=0,23 (0,7) E=0,68 (2,1)
Салют 216, урожай 1962 г., 4 мм	A=0,19 (0,45) E=2,12 (4,9)	A=0,07 (0,18) E=1,45 (4,01)	A=0,21 (0,62) E=2,28 (6,62)
Салют 216, урожай 1962 г., 5 мм	A=0,31 (0,65) E=2,32 (5,16)	A=0,11 (0,39) E=1,67 (4,12)	A=0,26 (0,69) E=1,83 (4,67)
Салют 216, урожай 1959 г., 5 мм	A=0,32 (0,67) E=2,69 (5,56)	A=0,001 (0,04) E=3,53 (9,43)	A=0,356 (0,85) E=2,62 (6,26)
Салют 216, урожай 1961 г., 5 мм	A=0,47 (1,07) E=0,67 (1,57)	A=0,05 (0,16) E=0,32 (1,05)	A=0,36 (1,27) E=0,38 (1,21)
Несортированные семена			
Салют 216, урожай 1959 г.	A=0,21 (0,38) E=3,02 (5,52)	A=0,2 (0,49) E=2,72 (6,52)	A=0,09 (0,19) E=2,72 (5,81)
Хабаровская 4, урожай 1961 г.	A=0,17 (0,36) E=4,11 (8,58)	A=0,44 (1,09) E=5,5 (13,64)	A=0,79 (2,15) E=5,55 (15,01)
Хабаровская 4, урожай 1964 г.	A=0,11 (0,18) E=2,7 (4,55)	A=0,35 (0,72) E=2,54 (5,24)	A=0,29 (0,72) E=3,57 (8,82)
Хабаровская 4, урожай 1965 г.	A=0,88 (1,47) E=3,32 (5,57)	A=0,08 (0,19) E=2,85 (7,03)	A=0,27 (0,97) E=3,18 (9,88)

По-видимому, при выделении семян тоньше 5 мм выделяются длинные семена. Специально поставленный опыт подтвердил такое предположение: выделялись семена продолговатые, незрелые, зеленоватого цвета. Коэффициенты эксцесса распределения по толщине и ширине после сортировки увеличились. Это натолкнуло на мысль о связи между толщиной и шириной зерен.

Коэффициенты корреляции, характеризующие связь между толщиной и длиной, толщиной и шириной, шириной и длиной, показывают, что у несортированных семян особенно тесная связь существует между толщиной зерен и их шириной. Несколько слабее связь между шириной и длиной. Менее тесная связь — между толщиной и длиной. Таким образом, наиболее выравненный семенной материал по всем размерам получится при сортировке по ширине, менее выравненный — при сортировке по толщине.

Следует предположить, что при сортировке по длине достигнуть большой выравненности семян по ширине и толщине не удастся, так после сортировки коэффициент асимметрии для распределения по толщине эти выводы при разделении семян на фракции на решетках с круглыми и продолговатыми отверстиями с учетом их производительности.

Такая же закономерность обнаружена у сортированных зерен,

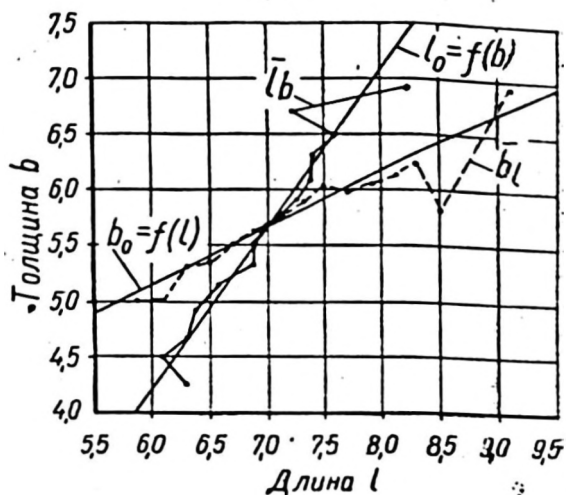
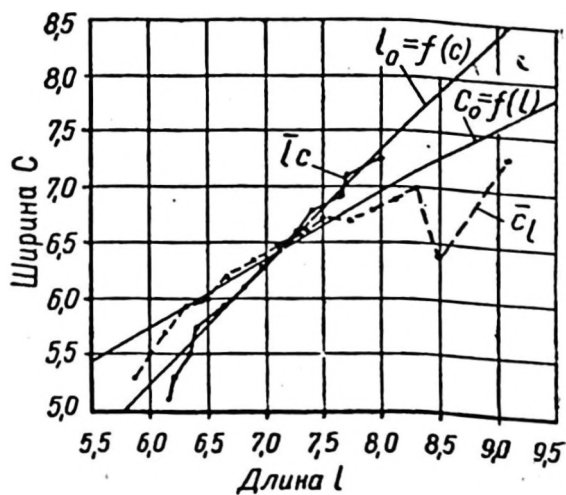
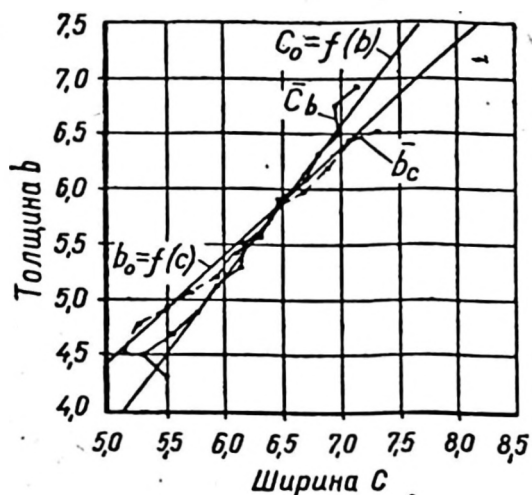


Рис. 4. Эмпирические и теоретические линии регрессии несортированных зерен сои сорта Салют 216 урожая 1959 г.

шения и критерию криволинейности показала, что у семян всех сортов вычисленные коэффициенты корреляционного отношения были меньше коэффициентов корреляции. Следовательно, корреляционные связи между размерами семян сои выражаются прямолинейными зависимостями. Только у Хабаровской 4 урожая 1961 г. коэффициенты корреляционного отношения ρ больше коэффициентов корреляции r . Разница существенна, так как фактическое значение критерия криволинейности

Статистические показатели сортов сои Салют 216 (д — длина, ш — ширина, т — толщина, О — объем,

Сорт	Пределы изменения и значение средних:			Уравнения регрессий и коэффициент корреляции:		
	О (см ³)	В (г)	у (гсм ³)	у = f(τ)	О = f(В)	О = f(дтш)
Салют 216, урожай 1961 г.	0,08—0,20	0,10—0,24	1,15—1,41	—	О = 0,77В + 0,002	О = 0,52дтш
	0,126	0,161	1,268	г = 0,194	г = 0,902	г = 0,942
Хабаровская 4, урожай 1965 г.	0,07—0,21	0,09—0,25	1,19—1,35	—	О = 0,77В + 0,003	О = 0,53дтш
	0,123	0,157	1,278	г = 0,219	г = 0,95	г = 0,96

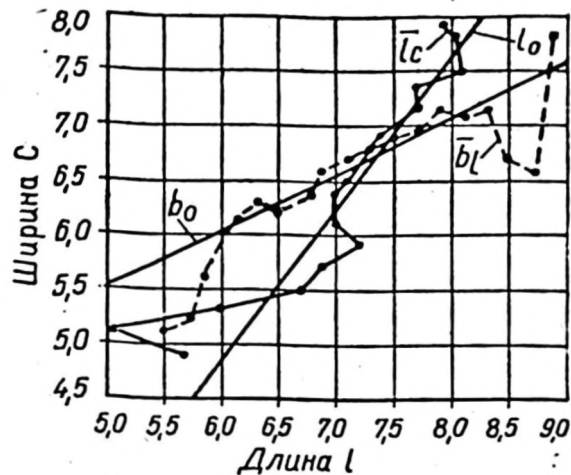
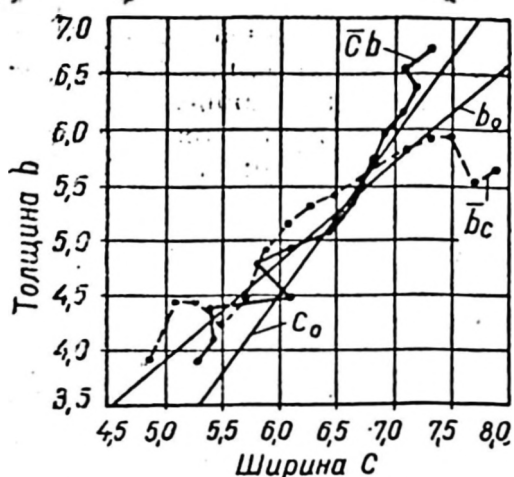
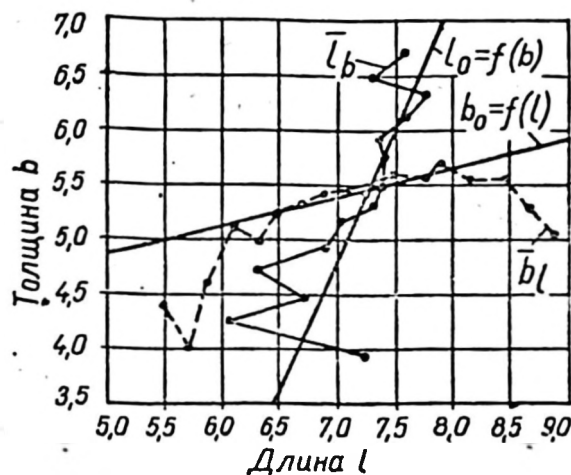


Рис. 5. Эмпирические и теоретические линии регрессии несортированных зерен сои сорта Хабаровская 4 урожая 1961 г.



т больше табличного (1), что указывает на существование криволинейной зависимости для сои урожая 1961 г.

Существует очень тесная корреляционная связь между весом зерна и объемом (табл. 5). Коэффициент корреляции у исследуемых сортов не был ниже 0,9. Особенно тесная связь, очень близкая к функциональной зависимости, характерна для объема зерна и произведения его линейных размеров. Для исследуемых сортов эта связь выражалась следующим уравнением:

$$V_0 = (0,52 \div 0,53) \cdot b \cdot c \cdot l$$

Таблица 5

и Хабаровская 4 по объему, весу и удельному весу
 В — вес, у — удельный вес, г — коэффициент корреляции)

Средние квадратические отклонения:			Коэффициенты А, Е, а также t_A , t_E (в скобках) распределения:		
S_0	S_b	S_y	по О	по В	по у
0,021	0,025	0,031	A=0,38 (11,8) E=6,72 (331,7)	A=0,05 (2,14) E=0,62 (25,0)	A=0,26 (5,24) E=0,16 (3,13)
0,026	0,032	0,030	A=0,41 (15,9) E=2,33 (90,78)	A=0,04 (1,33) E=0,01 (0,33)	A=0,31 (10,48) E=11,85 (395)

Удельный вес d зерна сои колебался в пределах 1,15—1,41 г/куб. см в зависимости от размеров и объема зерна. Коэффициент корреляции для удельного веса зерна и его размеров очень мал (табл. 5). Произведем проверку существенности этих коэффициентов корреляции. При числе наблюдений более 100 коэффициент корреляции можно считать существенным, если он превышает свою ошибку в три и более раза, то есть если

$$\frac{r}{S_r} > 3,$$

но

$$S_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}} = \frac{1 - (0,194)^2}{\sqrt{500 - 1}} = 0,043.$$

Тогда

$$\frac{r}{S_r} = \frac{0,194}{0,043} = 4,52$$

Следовательно, коэффициент корреляции связи удельного веса и размеров зерна сои существенны. Таким образом, между размерами зерна и удельным весом существует обратная корреляционная связь, но очень слабая, то есть зерна, различные по размерам, имеют почти одинаковый удельный вес. Замечено некоторое снижение удельного веса у крупных зерен.

Полученный экспериментальный материал и выводы могут быть использованы при проектировании и эксплуатации машин для посева и сортировки сои.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольф В. Г. Статистическая обработка опытных данных. М. «Колос», 1966.
2. Летошнев М. Н. Сельскохозяйственные машины М., Сельхозгиз, 1955.
3. Щиголов Б. М. Математическая обработка наблюдений. М., Физматгиз, 1960.