

УДК 632.51:519.2

**МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЧИСЛА
ПРОБНЫХ ПЛОЩАДОК ПРИ УЧЕТЕ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ
В АГРОЦЕНОЗАХ**

(Сообщение второе)

А. М. ТУЛИКОВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Исследования выполнены в разные годы в учхозах МСХА. В Тамбовской обл. учитывали только корнеотпрысковые многолетники сплошь на каждом из двух запольных участках пробными площадками от 1 до 48 м². В Московской обл. учитывали все сорные растения на 2 вариантах последовательно в посевах клевера 1-го г.п. и затем в озимой пшенице по 49 стациям площадками от 0,01 до 1 м².

Сокращение количества пробных площадок одного размера до 8–4 шт. (объем выборки второго рода) не приводит к существенному изменению выборочной средней численности сорняков в сравнении со средней контрольной (*st*) совокупности, но при этом неуклонно возрастает относительная ошибка выборочной средней.

Установлена аналитическая форма зависимости относительной ошибки средней любой выборки от количества в ней пробных площадок в сравнении с аналогичными статистиками выборки, принимаемой за контрольную (*st*). Это позволяет прогнозировать объем выборки и относительную ошибку ее средней, что необходимо для достижения проектируемой точности проводимых учетов численности сорняков.

Как в научных исследованиях, так и в производственных ситуациях одним из важных показателей состояния посевов с.-х. культур является обилие в них сорных растений. Поэтому получение достоверных сведений и, в частности, о численности сорняков в посевах в значительной мере определяет объективность получаемой научной информации и успешность всей реализуемой системы противосорняковых мероприятий.

Достоверность получаемых сведений о генеральной совокупности популяции сорняков конкретного агрофитоценоза определяется величиной, или объемом, принимаемой к использованию выборки. Это в равной мере относится и к посевам различных культур, в которых

при определении численности сорняков необходимо принимать во внимание не только величину используемых пробных площадок (объем выборки первого рода), но и количество таких пробных площадок (объем выборки второго рода).

Результаты получения основных аспектов объема выборки первого рода нами детально рассмотрены и интерпретированы в предыдущей работе. В настоящем сообщении основное внимание уделяется математико-статистическому обоснованию методологии оценки объема выборки второго рода и ее практическим приложениям.

Некоторые методологические и практические вопросы по установлению оптимального количества

пробных площадок для учета обилия сорняков в полевых опытах и производственных посевах рассматриваются в работах ряда ученых.

Исследования П. В. Ленькова [12], выполненные в посевах овса на Московской полевой опытной станции, позволили установить, что для достижения точности учета сорняков в 5% необходимо закладывать не менее 64 пробных площадок по 0,607 м², что «ни при каких условиях совершенно невозможно».

С. Н. Привалова с сотрудниками [16] пришла к заключению, что количество пробных площадок размером по 1 м² зависит от величины обследуемого участка. Она рекомендует выделять на делянке величиной до 500 м² 5–10 пробных площадок, а на делянке более 0,25 га — 10–15 пробных площадок. При уменьшении величины пробной площадки до 0,5–0,25 м² количество необходимо удвоить.

В работе [13] на основе экспериментальных исследований установили, что даже при сильном засорении посевов точности учета сорняков в 15–20% можно добиться только при закладке не менее 15–30 пробных площадок по 0,25 м².

К. П. Паденов [15] в культурах сплошного сева (ячмень) использовал учетные площадки величиной 0,1–0,5 м² при их общем количестве от 15 до 60 шт., тогда как в пропашных (кукуруза) он закладывал таких площадок в количестве не менее 25–30 шт., что позволило снизить ошибку выборочной средней.

На производственных посевах с целью получения сведений об уровне засоренности полей и последующей разработки системы истребительных мероприятий рекомендуется закладывать пробные площадки величиной по 0,25 и 1 м² соответственно для учета всех и многолетних сорняков в количестве 10–20 шт. на каждом обследуемом поле [3, 5, 14].

При проведении экспериментальных исследований в производственных полях таких пробных площадок закладывают от 9 шт. [10] до 80–120 шт. [4, 8].

Столь различные отношения авторов к оценке объема выборки второго рода позволяют констатировать, что используемые до настоящего времени подходы в определении количества пробных площадок страдают определенным субъективизмом и нуждаются в широких и тщательных экспериментальных исследованиях.

В связи с изложенным нами были предприняты попытки решить ряд координальных вопросов теории и практики программирования оптимального количества пробных площадок (объем выборок второго рода) с наперед задаваемой относительной ошибкой выборочной средней (точностью учета) численности сорняков для агрофитоценозов любой конкретной территории.

1. Исследовать влияние изменяющегося количества пробных площадок на статистические характеристики выборочных совокупностей.

2. Установить оптимальное количество пробных площадок для формирования выборочной совокупности, отвечающей не только критериям выборочного метода [9, 17], но и наибольшей результативностью исследований, характеризуемой количеством получаемой информации на единицу понесенных затрат.

3. Разработать методику определения количества пробных площадок (объема выборки второго рода) для различных популяций сорняков в агрофитоценозах.

4. Предложить статистически обоснованную методику прогностической оценки точности учета численности сорняков для любого конкретного агрофитоценоза по проектируемому объему выборки второго рода.

Объекты и методика исследований

Исходные материалы по численности сорных растений по выборкам различного объема нами были получены в полевых экспериментах в учхозах академии МСХА.

В учхозе имени Калинина Тамбовской обл. экспериментальные материалы по учету численности корнеотпрысковых многолетников (*Cirsium arvense* Scop. и *Sonchus arvensis* L.) были получены на запольном участке последовательно по годам в опыте 1 и опыте 2. В каждом опыте площадью 1440 м² перед предпосевной культивацией проводили учет сорняков сплошь на всем участке, на котором были заложены пробные площадки по 6 м² (1 м × 6 м) в количестве 240 шт. в 6 ярусах. На каждой пробной площадке сорняки подсчитывали дробно по составляющим ее площадкам: 1, 2, 2 и 1 м². Такая организация каждого опыта позволяла моделировать площадки величиной 1, 3, 6, 12, 24 и 48 м² и при количестве их 30, 15, 8 и 4 шт., расположенных по участку в шахматном порядке. Выборка из 30 площадок по 48 м² охватывала весь участок и потому представляла генеральную совокупность (st).

В учхозе «Михайловское» Московской обл. экспериментальные материалы по численности сорняков нами были получены в синтетическом опыте кафедры земледелия и методики опытного дела.

Для исследования были отобраны делянки вариантов: зяблевая вспашка отвальным плугом на 20–22 см (контроль или опыт 1) и мелиоративная (зяблевая вспашка отвальным плугом на 30–32 см с внесением NPK и навоза (M+ NPK + H или опыт 2). В соответствии с этими вариантами учеты были проведены последовательно по годам в

посевах клевера 1-го года пользования (соответственно опыты 3 и 4) и на следующий год в посевах озимой пшеницы (соответственно опыты 5 и 6).

На каждой опытной делянке с учетной площадью по 245 м² (7 м × 35 м) станции размещали поперек делянок полосами по 7 шт. и в 7 ярусах. На каждой станции сорняки подсчитывали отдельно по каждому виду по площадкам квадратной формы и с размерами: 0,01; 0,1; 0,25 и 1,0 м². Эти учетные площадки располагали на каждой станции по принципу «матрешки».

Выборки разного объема формировали из площадок каждого размера в количестве 49, 25, 14, 7 и 4 шт., которые по опытной делянке располагали в шахматном порядке. Выборку в 49 учетных площадок для каждого размера принимали за контрольную (К), а для площадок по 1 м² — еще и за условную генеральную совокупность (st).

Статистическую оценку и анализ полученных вариационных рядов проводили по общепринятым и оригинальным методикам, изложенным в ряде работ [2, 6, 7, 9, 11, 17].

Результаты

Планируя сокращение объема выборки, в т. ч. путем уменьшения количества пробных площадок, исследователь всегда озабочен и тем, чтобы выборка при этом сохраняла свое важнейшее свойство — репрезентативность. Проверка этого свойства основывается на оценке предпочтительности такой выборки в сопоставлении ее статистик с подобными генеральной совокупности (st) или наибольшей выборки, принимаемой за контроль (К).

Как следует из анализа данных табл. 1 и 2, в сравнении с выборкой максимального объема, принимае-

Таблица 1

Выборочная средняя (\bar{x}_i) численности корнеотпрысковых многолетников (шт/м²) в выборках с меняющимся количеством (n_i) пробных площадок

Количество учетных площадок в выборке, n_i	Величина пробной площадки, м ²				
	1	3	6	12	48
Опыт 1					
30	20,5	16,8	15,7	14,3	13,8(st)
15	20,9	17,9	16,8	14,3	13,8
8	19,1	14,6	14,8	13,6	13,9
4	18,2	12,9	14,0	13,1	14,1
Опыт 2					
30	16,5	14,2	11,6	12,0	11,6(st)
15	12,9	11,0	10,3	11,9	11,5
8	21,8	17,8	13,3	13,9	13,4
4	23,8	19,9	13,9	15,7	13,9

Таблица 2

Выборочная средняя (\bar{x}_i) численности всех сорняков (шт/м²) по выборкам с разным количеством (n_i) учетных площадок

Величина пробной площадки, м ²	Количество пробных площадок в выборке, n_i	Клевер 1-го г.п.		Озимая пшеница		Среднее из 4 опытов
		опыт 3	опыт 4	опыт 5	опыт 6	
0,01	49(K)	167,3	204,1	426,5	273,5	267,8
	25	160,0	172,0	420,0	248,0	250,0
	14	150,0	142,9	428,6	307,1	257,2
	7	157,1	100,0	371,4	414,3	260,7
	4	125,0	200,0	550,0	225,0	275,0
0,1	49(K)	169,6	186,5	218,4	150,4	181,2
	25	168,0	195,2	224,8	134,0	180,5
	14	167,1	114,3	222,1	154,3	164,4
	7	130,0	75,7	222,9	151,4	145,0
	4	137,5	145,0	250,0	102,5	158,8
0,25	49(K)	148,2	133,7	184,7	132,5	149,8
	25	148,6	156,6	180,6	124,6	152,6
	14	138,6	104,0	188,6	132,0	140,8
	7	124,6	70,9	185,7	124,6	126,4
	4	122,0	100,0	182,0	80,0	121,0
1,0	49(st)	130,1	102,2	141,4	103,0	119,2
	25	133,3	105,9	139,2	101,2	119,9
	14	124,5	86,3	144,6	97,9	113,3
	7	114,4	88,0	152,4	85,1	109,9
	4	123,2	105,2	163,2	75,0	116,6

мой за контрольную (K) или генеральную (st), средняя численность сорняков по выборкам заметно колеблется вне какой-либо устойчивой связи с количеством пробных площадок. Это явление присуще для всех опытов при учете как корнеотпрысковых многолетников, так и всех сорняков и вне зависимости от величины пробной площадки.

Установленная вариабельность средних (см. табл. 2) для выборок площадками меньшего размера не вносит определенности в признание их значений состоятельными оценками контрольной (K) или генеральной (st) совокупностей. Поэтому для оценки сходства или различия наблюдаемой изменчивости было проведено парное сравнение выбороч-

ных средних значений (\bar{x}_i) каждой выборки со значениями выборки максимального объема, принимаемой за контроль (К) или стандарт (st). Проверялась нуль-гипотеза H_0 : $x_{st} = \bar{x}_i$ о равенстве средних значений максимальной выборки (К или st) и каждой выборки меньшего объема ($n_i < n_{st}$) при условии, что $S_{st}^2 \neq S_i^2$ и $n_{st} \neq n_i$, где $n_i \leq 25$. В качестве критерия использовали статистику [9]:

$$t_{\phi} = \frac{|\bar{x}_{st} - \bar{x}_i|}{\sqrt{\frac{S_{st}^2}{n_{st}} + \frac{S_i^2}{n_i}}}$$

при числе степеней γ свободы, рассчитываемом по формуле:

$$\gamma = \frac{\left(\frac{S_{st}^2}{n_{st}} + \frac{S_i^2}{n_i}\right)^2}{\left(\frac{S_{st}^2}{n_{st}}\right)^2 + \left(\frac{S_i^2}{n_i}\right)^2}$$

Результаты вычислений для популяций всех сорняков по опытам 3, 4, 5 и 6 сведены в табл. 3, а материалы вычислений по опытам 1 и 2 опущены ввиду их полной совместимости с рассматриваемыми.

Из представленных данных следует, что уменьшение количества пробных площадок в выборке, хотя и сопровождается изменением выборочной средней численности сорняков, но в сравнении с контрольной (К) или стандартной (st) выборкой эти изменения разнонаправлены и несущественны.

Из табл. 3 видно, что при 95%-м уровне вероятности практически всегда, кроме 4 случаев из 64, $t_{\phi} \ll t_{r,0.05}$ при соответствующем определенном числе степеней свободы γ .

Итак, при определении численности популяции всех сорняков количество пробных площадок (объем выборки второго рода) размером от 0,25 м² и более может быть сокра-

Таблица 3

Проверка нуль-гипотезы парных сравнений выборочных средних (\bar{x}_i) численности сорняков выборок разного объема (n_i) со стандартной выборкой ($n = 49$)

Величина учетной площадки, м ²	Число пробных площадок в выборке, n_i	Клевер 1-го г. п.						Озимая пшеница					
		опыт 3			опыт 4			опыт 5			опыт 6		
		t_{ϕ}	γ	$t_{\gamma,0.05}$	t_{ϕ}	γ	$t_{\gamma,0.05}$	t_{ϕ}	γ	$t_{\gamma,0.05}$	t_{ϕ}	γ	$t_{\gamma,0.05}$
0,01	25	1,94	50	2,01	0,54	73	1,99	0,11	56	2,00	0,52	61	2,00
	14	0,44	28	2,05	1,04	62	2,00	0,03	24	2,06	0,57	28	2,05
	7	0,17	8	2,31	1,91	56	2,00	0,93	17	2,11	1,15	7	2,36
	4	0,44	4	2,78	0,06	29	2,04	0,99	4	2,78	0,84	9	2,26
0,1	25	0,07	63	2,00	0,11	42	2,02	0,47	48	2,01	1,04	52	2,01
	14	0,08	13	2,16	1,66	59	2,00	0,23	23	2,07	0,25	32	2,04
	7	1,61	5	2,57	2,58*	55	2,04	0,17	8	2,31	0,05	11	2,20
	4	1,52	42	2,02	0,85	34	2,03	0,11	4	2,78	2,97*	9	2,26
0,25	25	0,02	59	2,00	0,47	40	2,02	0,53	54	2,00	0,66	50	2,01
	14	0,52	31	2,04	1,03	59	2,00	0,34	19	2,09	0,04	29	2,05
	7	1,63	33	2,04	2,34*	51	2,01	0,09	9	2,26	0,55	11	2,20
	4	1,72	18	2,10	1,14	25	2,06	0,25	6	2,45	3,20*	5	2,57
1,0	25	0,28	58	2,00	0,33	49	2,01	0,30	47	2,01	0,24	52	2,01
	14	0,37	23	2,07	0,90	35	2,03	0,33	20	2,09	0,60	25	2,06
	7	1,28	17	2,11	0,60	11	2,20	0,66	7	2,36	1,51	9	2,26
	4	0,34	5	2,57	0,12	4	2,78	1,10	4	3,75	1,43	4	2,78

щено с 49 до 7-4 шт., а при учете корнеотпрысковых многолетников число пробных площадок от 3 м² и более может быть уменьшено с 30 до 8-4 шт. без утраты выборками свойства состоятельности. Это заключение правомерно по отношению и к учетным площадкам любого из рассматриваемых нами размеров. Оно никак не противоречит вопросам по оптимизации объема выборки первого рода (величина пробной площадки), исследованной и рассмотренной нами ранее.

Полученные результаты о возможности значительного уменьшения количества пробных площадок позитивны и в отношении перспектив сокращения финансовых, временных и трудовых затрат на проведение работ по учету численности сорных растений. Однако они не позволяют установить величину ошибки выборочной средней при планируемом количестве пробных площадок (объем выборочной совокупности), а следовательно, прогнозировать достоверность и точность проектируемых экспериментов. Это

побудило нас провести более широкий и тщательный анализ с целью изучения возможной количественной связи между объемом выборки и характеризующими ее другими статистиками, в частности, относительной ошибкой выборочной средней, результаты которого и были сведены в табл. 4 и 5.

Как следует из анализа данных табл. 4 и 5, независимо от популяционного состава сорняков, с уменьшением количества пробных площадок в выборке неуклонно возрастает относительная ошибка выборочной средней. Это явление полностью согласуется с известным в математической статистике положением, что для снижения ошибки выборочной средней необходимо увеличивать объем выборки или конкретно — количество пробных площадок (n_1). При этом очень важно для сопоставления различных по численности и составу популяций сорняков агрофитоценозов универсальнее пользоваться не абсолютными, а относительными значениями ошибок выборочных средних.

Таблица 4

Относительная ошибка средней ($S_{\bar{x}}$ %) по выборкам с разным количеством (n_1) пробных площадок при учете корнеотпрысковых многолетников

Количество учетных площадок в выборке, n_1	Величина пробной площадки, м ²				
	1	3	6	12	48
Опыт 1					
30	14,1	11,3	9,3	9,6	9,6
15	22,6	17,3	13,8	14,3	15,1
8	37,1	28,4	21,0	17,5	28,5
4	48,3	40,1	26,6	20,8	23,5
Опыт 2					
30	17,9	13,2	11,0	10,8	9,5
15	19,5	17,0	17,5	17,1	14,6
8	17,5	19,7	15,3	15,2	14,4
4	25,3	32,8	26,9	22,2	20,3
Среднее по опытам 1 и 2					
30	16,0	12,2	10,2	10,2	9,6
15	21,0	17,2	15,6	15,7	14,8
8	27,3	24,0	18,2	16,4	21,4
4	36,8	36,4	26,8	21,5	21,9

Таблица 5

Относительная ошибка средней ($S_{\bar{x}}\%$) по выборкам, сформированным разным количеством (n_i) пробных площадок

Величина пробной площадки, м ²	Количество учетных площадок в выборке, n_i	Клевер 1-го г. п.		Озимая пшеница		Среднее из 4 опытов
		опыт 3	опыт 4	опыт 5	опыт 6	
0,01	49(К)	13,1	24,5	8,4	12,0	14,5
	25	19,1	19,1	10,6	7,3	14,0
	14	21,8	21,7	14,6	15,8	18,5
	7	36,4	21,8	12,8	28,6	24,9
	4	75,7	20,4	21,6	21,3	34,8
0,1	49(К)	9,2	21,9	3,5	6,2	10,2
	25	10,0	35,6	5,1	9,5	15,0
	14	16,2	13,3	6,2	8,0	10,9
	7	14,7	17,0	10,3	11,1	13,3
	4	10,4	18,4	10,7	12,8	13,1
0,25	49(К)	7,5	17,4	2,6	5,2	8,2
	25	8,7	26,8	3,4	7,8	11,7
	14	10,8	16,2	5,6	7,5	10,0
	7	7,5	18,9	5,7	10,1	10,6
	4	8,6	18,3	5,3	18,6	12,7
1,0	49(st)	5,6	9,7	2,9	4,2	5,6
	25	6,8	13,4	4,5	5,8	7,6
	14	10,6	13,8	6,1	7,4	9,5
	7	8,7	20,2	10,2	12,9	13,0
	4	15,1	37,4	11,9	25,4	22,45

Опираясь на известные в статистике зависимости [2, 6, 7, 11] и преобразовывая их, получим следующую формулу:

$$S_{\bar{x}}\% = \frac{t \cdot V}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где $S_{\bar{x}}\%$ — относительная ошибка выборочной средней; V — коэффициент вариации, %; t — критерий Стьюдента; n — объем выборки.

Но поскольку коэффициент вариации всей совокупности (V_{st}) точнее оценивается его величиной для контрольной (К) или стандартной (st) выборки, то и для 2 выборок произвольного объема ($n_i \neq n_j$) можно написать, приняв для краткости $S_{\bar{x}}\% = y$:

$$y_i = \frac{t \cdot v_{st}}{\sqrt{n_i}} \quad \text{и} \quad y_j = \frac{t \cdot v_{st}}{\sqrt{n_j}},$$

где $n_i = 1, 2, \dots, i, \dots, n$.

Откуда окончательно получаем:

$$y_i = y_j \sqrt{\frac{n_j}{n_i}}. \quad (2)$$

Итак, впервые теоретически установлена количественная взаимозависимость между относительными ошибками выборочных средних численности различных популяций сорняков для любой пары независимых выборок из одной генеральной совокупности и количеством в них пробных площадок одного размера. Важность формулы (2) состоит в том, что выражаемая ею зависимость позволяет теоретически рассчитать количественное значение искомой относительной ошибки выборочной средней ($S_{\bar{x}}\% = y_i$) для выборки планируемого объема n_i по соответствующим показателям выборки возможно большего объема (например, К или st) или даже экспериментальной выборки при $n_j = 14$.

Обращаясь вновь к табл. 4 и 5, можно твердо констатировать, что установленная зависимость сохраняется при определении численности для любых популяций сорных растений агрофитоценозов. Вместе с тем, статистический анализ экспериментальных материалов и, прежде всего, представленных в табл. 5 показывает, что формула (2) достаточно корректно описывает рассматриваемую зависимость для пробных площадок величиной 1,0 м². Для учетных площадок меньшего размера численное значение подкоренного выражения формулы (2) оказывается завышенным и тем более, чем менее величина пробной площадки. А это приводит к необходимости выражать исследуемую взаимосвязь с использованием корня степени более 2-й, что можно представить в следующем обобщенном виде:

$$y_j = y_i m \sqrt[m]{\frac{n_i}{n_j}}, \quad (3)$$

где m — показатель корня, значение которого зависит как от величины пробной площадки (объема выборки первого рода), так и от популяционного состава сорняков.

Для экспериментальной проверки теоретически установленной зависимости и отмеченной необходимости ее корректировки воспользуемся усредненными по опытам 3, 4, 5 и 6 данными относительных ошибок средних выборок уменьшающегося объема в табл. 5 и формулой (3).

При этом проиллюстрируем и статистическую правомерность использования формулы (2) и (3) с показателями корня (m): 2, 3, 4 и 4 соответственно для пробных площадок 1,0; 0,25; 0,1 и 0,01 м² по фактическим относительным ошибкам средних для выборок разного объема. Для этого с помощью одного из

мощных критериев χ^2 Пирсона проверим нулевую гипотезу об отсутствии различий между фактическими (y_i) и теоретическими (\tilde{y}) значениями относительных ошибок средних выборок объема (n_i), т. е. $H_0: y_i = \tilde{y}$, где $i = 1, 2, 3 \dots 49(st)$. Как следует из данных табл. 6, теоретические значения (\tilde{y}) относительных ошибок выборочных средних не отличаются существенно от соответствующих фактических (y_i) показателей не только при 95%-м повышенном пороге ответственности, но даже при 80%-м (весьма высоком пороге ответственности) уровне вероятности, поскольку во всех случаях $\chi_{3;0,05}^2 > \chi_{\tilde{y}}^2$ и $\chi_{3;0,20}^2 > \chi_{\tilde{y}}^2$.

Аналогичные результаты для выборок с разным количеством пробных площадок получены для корнеотпрысковых многолетников табл. 7. и корректно описываются уравнением (3) при $m = 2$.

Таким образом, устанавливаемая зависимость искомой относительной ошибки выборочной средней численности сорняков (y_i) при проектируемом количестве пробных площадок (n_i) в выборке от соответствующих известных показателей (y_j и n_j) выборки иного объема, принимаемой за контроль (K или st), описывается общей формулой (3). После элементарных преобразований формула (3) принимает вид

$$n_i = \left(\frac{y_j}{y_i} \right)^m \cdot n_j. \quad (3')$$

Формула (3') позволяет теоретически рассчитать возможный объем планируемой выборки (n_i) при допускаемой относительной ошибке выборочной средней (y_i) численности сорняков по известным показателям (y_j и n_j), установленным заранее экспериментальным путем для выборки, принимаемой за контроль (K или st).

Таблица 6

Оценка по критерию χ^2 фактических (y_i) и теоретических (\bar{y}) значений относительных ошибок выборочных средних численности всех сорняков в среднем по опытам 3, 4, 5 и 6

Величина пробной площадки, м ²	Число пробных площадок, n_i	Фактическое, y_i	Теоретическое, \bar{y}	$\frac{\Delta^2}{\bar{y}}$	Фактическое, χ^2_{Φ}	Число степеней свободы, γ	Теоретическое, $\chi^2_{\gamma;0,05}/\chi^2_{\gamma;0,20}$
0,01	49	14,5	14,5	0,00	2,94	3	7,81/4,64
	25	14,0	17,2	0,60			
	14	18,5	19,8	0,08			
	7	24,9	23,6	0,07			
0,1	4	34,8	27,1	2,19	3,93	3	7,81/4,64
	49	10,2	10,2	0,00			
	25	15,0	12,1	0,70			
	14	10,9	14,0	0,69			
0,25	7	13,3	16,6	0,66	4,41	3	7,81/4,64
	4	13,1	19,1	1,88			
	49	8,2	8,2	0,00			
	25	11,7	10,2	0,22			
1,0	14	10,0	12,5	0,50	0,76	3	7,81/4,64
	7	10,6	15,7	1,66			
	4	12,7	18,9	2,03			
	49	5,6	5,6	0,00			
	25	7,6	7,8	0,04			
	14	9,5	10,5	0,10			
	7	13,0	14,8	0,22			
	4	22,4	19,6	0,40			

Таблица 7

Оценка по критерию χ^2 фактических (y_i) и теоретических (\bar{y}) значений относительных ошибок выборочных средних численности корнеотпрысковых многолетних сорняков в среднем по опытам 1 и 2

Величина пробной площадки, м ²	Число пробных площадок, n_i	Фактическое, y_i	Теоретическое, \bar{y}	$\frac{\Delta^2}{\bar{y}}$	Фактическое, χ^2_{Φ}	Число степеней свободы, γ	Теоретическое, $\chi^2_{\gamma;0,05}/\chi^2_{\gamma;0,20}$
1	30	16,0	16,0	0,00	1,68	2	5,99/3,22
	15	21,0	22,6	0,12			
	8	27,3	31,0	0,44			
	4	36,8	43,8	1,12			
2	30	12,2	12,2	0,00	0,28	2	5,99/3,22
	15	17,2	17,3	0,00			
	8	24,0	23,6	0,01			
	4	36,4	33,4	0,27			
6	30	10,2	10,2	0,00	0,27	2	5,99/3,22
	15	15,6	14,4	0,10			
	8	18,2	19,8	0,13			
	4	26,8	27,9	0,04			
12	30	10,2	10,2	0,00	2,17	2	5,99/3,22
	15	15,7	14,4	0,12			
	8	16,4	19,8	0,58			
	4	21,5	27,9	1,47			
48	30	9,6	9,6	0,00	1,26	2	5,99/3,22
	15	14,8	13,6	0,10			
	8	21,4	18,6	0,42			
	4	21,9	26,3	0,74			

Из формул (3) и (3') непосредственно не вытекает каких-либо условий о величине или соотношении входящих в нее показателей: y_j и n_j или n_i и y_i , где $j \leq st$. Однако исходя из общих методических требований к проведению полевых экспериментов и опираясь на изложенные статистические исследования, можно сформулировать следующие методологические положения при проектировании объема выборки второго рода.

Во-первых, при определении численности сорных растений в агрофитоценозах объем выборки второго рода, принимаемой за контроль (j или st), должен включать пробных площадок не менее 8–15 шт. для корнеотпрысковых многолетников и не менее 7–14 шт. для всех сорных растений, что позволяет снизить относительную ошибку выборки до уровня 10–20%.

Во-вторых, с уменьшением количества пробных площадок неуклонно возрастает ошибка выборочной средней. Поэтому при статистической оценке параметров выборочной совокупности, объем которой в полевых опытах ограничивается рядом методических требований и организационных ситуаций, следует исходить из парадигмы, что уменьшение относительной ошибки средней, как и повышение точности других статистик выборки, всегда сопровождается неадекватно резким (на 1–2 порядка) падением эффективности выполняемых научно-исследовательских работ.

В-третьих, величина показателя корня (m) в формулах (3) и (3') при необходимости может быть откорректирована исследователем на основе данных контрольной (st или j) или экспериментальной выборки из исследуемой агроассоциации или даже конкретного агрофитоценоза.

И, наконец, предлагаемое увеличение доверительного значения

относительной ошибки выборочной средней до 10–20% и понижение уровня доверительной вероятности до 90–80% повысит объективность анализа экспериментальных материалов и придаст статистическую легитимность результатам исследований сорной компоненты агрофитоценозов.

Выводы

1. Уменьшение количества пробных площадок одного размера (объем выборки второго рода) не сопровождается существенным изменением выборочной средней численности сорняков в сравнении со средней совокупности, принимаемой за контрольную (K) или генеральную (st).

2. Средняя численность сорняков генеральной (st) совокупности и средняя выборки меньшего объема статистически не различаются при уменьшении последней от 15 до 7 и даже до 4 пробных площадок.

3. При уменьшении количества пробных площадок относительная ошибка выборочной средней неуклонно возрастает в сравнении с аналогичными статистиками контрольной (K) или генеральной (st) совокупности.

4. Установлена взаимозависимость между относительной ошибкой (y_j) и объемом (n_j) прогнозируемой выборки и аналогичными известными статистиками (y_j и n_j) большей (j или st) совокупности, которая описывается уравнением (3).

5. При определении численности сорняков понижение уровня относительной ошибки выборочной средней до 5–10% статистически достижимы только при увеличении выборки до объема, сопоставимого с генеральной совокупностью. Исполнение выборки такого объема не реализуемо в полевых экспериментах из-за неоправданно чрезмерной трудоемкости и принципиально противоречит статистической теории оценивания.

6. При определении численности сорняков для оптимального объема выборки второго рода статистически устанавливаемая доверительная оценка относи-

тельной ошибки выборочной средней может быть повышена до 10–20%, а уровень доверительной вероятности ограничен пределом 90–80%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бейли Н. Статистические методы в биологии / Пер. с англ. В.П. Смильги. Под ред. и с предисловием В.В. Налимова. М.: Мир, 1964. — 2. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных. М.: Колос, 1966. — 3. Гладкий Г.Г., Панев Н.Н., Удалов В.С., Туликов А.М. Уничтожение сорных растений на с.-х. угодьях (рекомендации) // Главное управление сельского хозяйства Мособлисполкома. М.: 1984 — 4. Горбатко Л.С., Кудрин А.И. Расходование ресурса внешней среды сорными растениями при их конкуренции с культурами // Использование почвенно-климатических и энергетических ресурсов в условиях интенсификации систем земледелия. Ставрополь, 1990. С. 116–125. — 5. Державин Л.М., Ченкин А.Ф., Березкин Ю.Н. и др. Инструкция по определению засоренности полей, многолетних насаждений, культурных сенокосов и пастбищ. М.: Агропромиздат, 1986. — 6. Доспехов Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. М.: Колос, 1972. — 207 с. — 7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Издание пятое, дополн. и перераб., М.: Агропромиздат, 1985. — 8. Жуков В.Н. Комплексная вредоносность сорняков полевого севооборота Камен-

ной степи (ЦЧП). Автореф. канд. дисс. С-Пб, 2003. — 9. Закс Л. Статистическое оценивание / Пер. с нем. В.Н. Варыгина. Научн. ред. Ю.П. Адлера и В.Г. Горского. М.: Статистика, 1976. — 10. Зуза В.С. Количественные подходы к оценке конкурентных взаимоотношений культурных и сорных растений // Защита растений, 1994, № 10. С. 29–30. — 11. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. — 12. Леньков П.В. К вопросу о методике учета засоренности травостоя. (Дробный учет полевых сорных растений) // Научно-агрономический журнал, 1928. № 5–6. С. 414–428. — 13. Минабаев Р.Г., Ханов Ф.М., Наумова Л.Г. О некоторых вопросах методики учета засоренности полей при маршрутном обследовании // Анализ закономерностей растительного покрова речных пойм. Ученые записки. Башкирский госуд. университет. Вып. 52. Серия биолог. наук, № 8. Уфа, 1971. С. 214–221. — 14. Новожилов К.В., Захаренко В.А. и др. Методы учета вредных организмов / Защита растений, 2002. № 2, 3, 4, 5, 6. — 15. Паденов К.П. Влияние величины и количества учетных площадок на точность учета сорняков / Сб. научн. работ БелНИИЗР «Защита растений», 1978. Вып. 11. С. 160–164. — 16. Привалова С. Н. и др. Учет надземной массы сорняков при полевых стационарных исследованиях // Материалы по методам учета сорной растительности. Труды Ленинградского отд. ВИУА. 1937. Вып. 50. Ч. 1. С. 5–10. — 17. Четыркин Е.М., Калихман И.Л. Вероятность и статистика. М.: Финансы и статистика, 1982.

Статья поступила
20 апреля 2005 г.

SUMMARY

Research was done in various years on test field plots of ТААМ. In Tambov region only perennial weeds on test plots from 1 to 48 m² were taken into consideration. In Moscow region all weeds were taken into account in two variants in consecutive order, first in area under clover then in area under winter wheat on 49 plots in areas from 0,01 to 1 m².

The decrease in the number of one size test plots to 8–4 does not lead to any material change of selective average number of weeds in comparison with an average planned (st) in the aggregate, but the relative error of selective average constantly rises.