

Г. А. ПАНОСЯН, Е. Е. ТАМРАЗЯН

К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН И РОСТА РАСТЕНИЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ И В ПРАКТИКЕ

В настоящее время большое значение приобретает правильная и практически более применимая оценка эффективности прорастания семян или роста растений как в эксперименте, так и в практике.

Различные химические соединения (ауксины, гиббереллины, мутагены, витамины, активаторы, ингибиторы и т. д.) и физические факторы (ионизирующая радиация, ультрафиолетовые лучи, ультразвук, температура, электрическое поле и др.) по-разному влияют на всхожесть, прорастание, рост, цветение и другие признаки и свойства растительного организма. Действие этих факторов зависит от вида и возраста растений, способа обработки, дозы облучения, концентрации вещества и т. д.

В эксперименте или в практике обычно пользуются такими понятиями, как процент всхожести семян, энергия их прорастания, рост проростков (корешков и стебельков), рост стебля растения, сроки бутонизации и цветения и т. д.

За исключением всхожести семян (она определяется способностью семян давать нормальные проростки за определенный для каждой культуры срок) [1, 2], все остальные критерии роста и развития растений (энергия прорастания, скорость роста стебля и корня и т. д.) оцениваются весьма произвольно без соблюдения строго выбранных сроков наблюдения и регистрации, вследствие чего часто становится невозможным сравнение данных, полученных различными авторами.

Принятая в отдельных работах методика обобщения данных и составление таблиц и графиков, особенно на большом экспериментальном материале, приводит к усложнению графического материала. С другой стороны, искусственное упрощение графического материала обедняет результаты эксперимента и в какой-то мере обесценивает работу.

На первый взгляд кажется, что правильнее будет, если полученный материал представить как можно полнее, не заботясь о том, легко ли он воспринимается.

Следовательно, наиболее полно полученные данные могут быть представлены в виде графика, где приведены все примеры, без исключения.

На рис. 1 приведен пример, где в виде графика представлены все данные эксперимента без исключения. По данным этого рисунка можно судить и о всхожести семян, и о росте стебельков и корешков, и о наличии отдельных растений, резко отличающихся по этим показателям от по-

пуляции в целом. Разумеется, эти данные можно представить в виде таблицы, хотя наглядность при этом резко снижается.

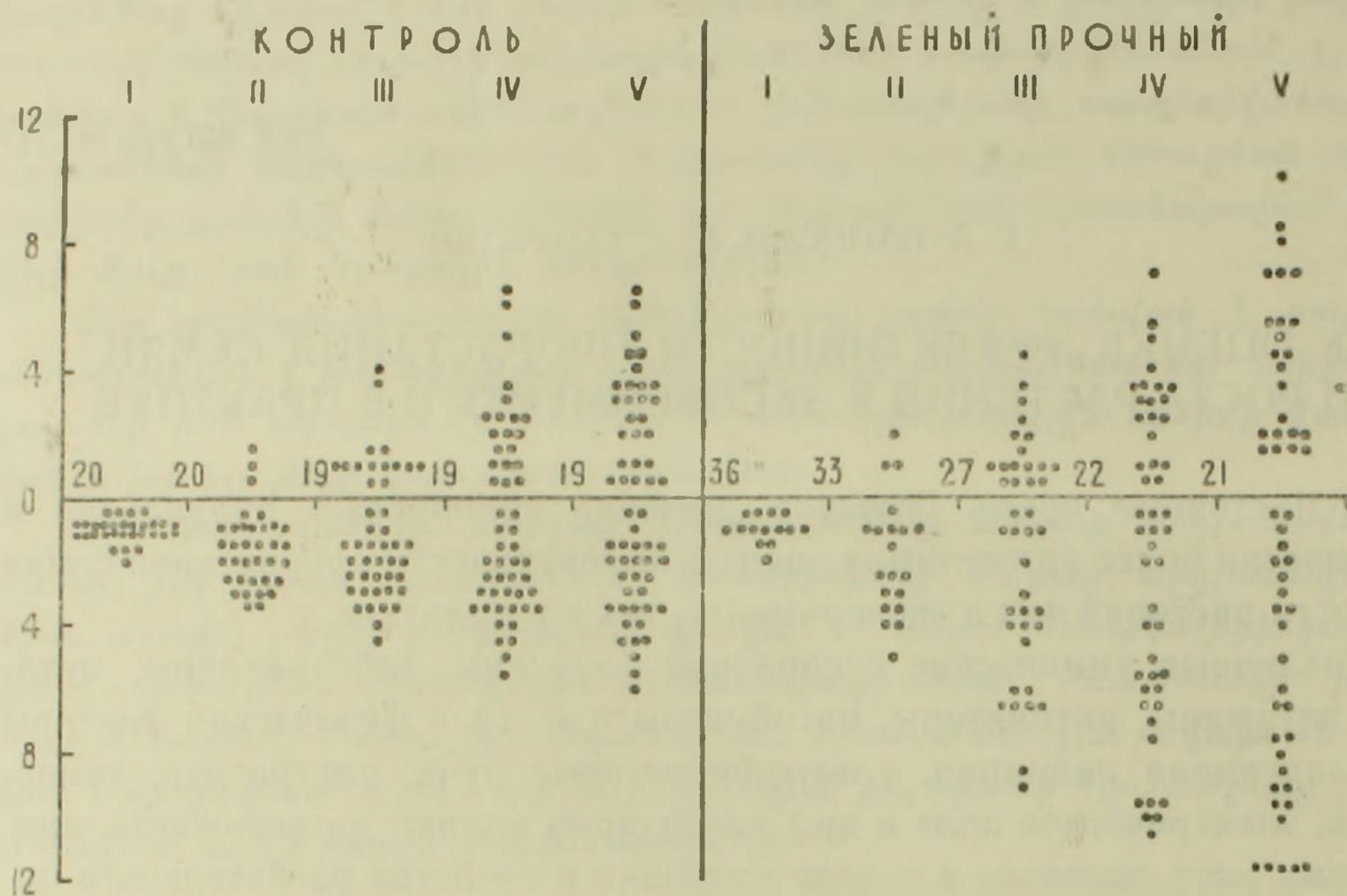


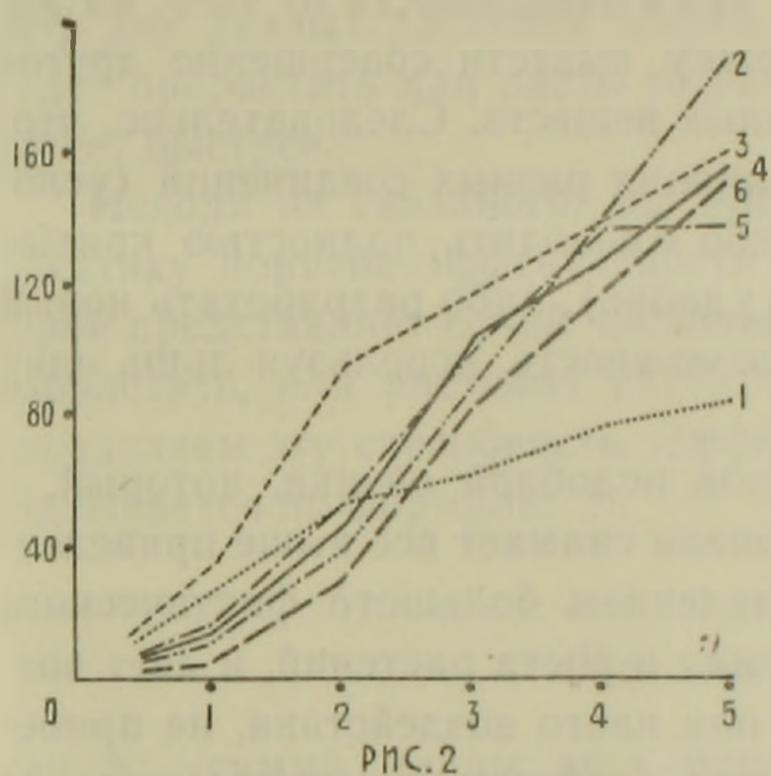
РИС. 1

Влияние красителя зеленого прочного на энергию прорастания и рост корешков и стебельков ячменя. Концентрация зеленого прочного 0,0001%. 1—5 дни после начала прорастания. По оси абсцисс — количество непроросших семян (из 50 взятых в опыт); по оси ординат — длина стебелька (вверху) и корешка (внизу) в см. Каждая точка — одно растение. Прорастание проводилось в чашках Петри на увлажненной фильтровальной бумаге.

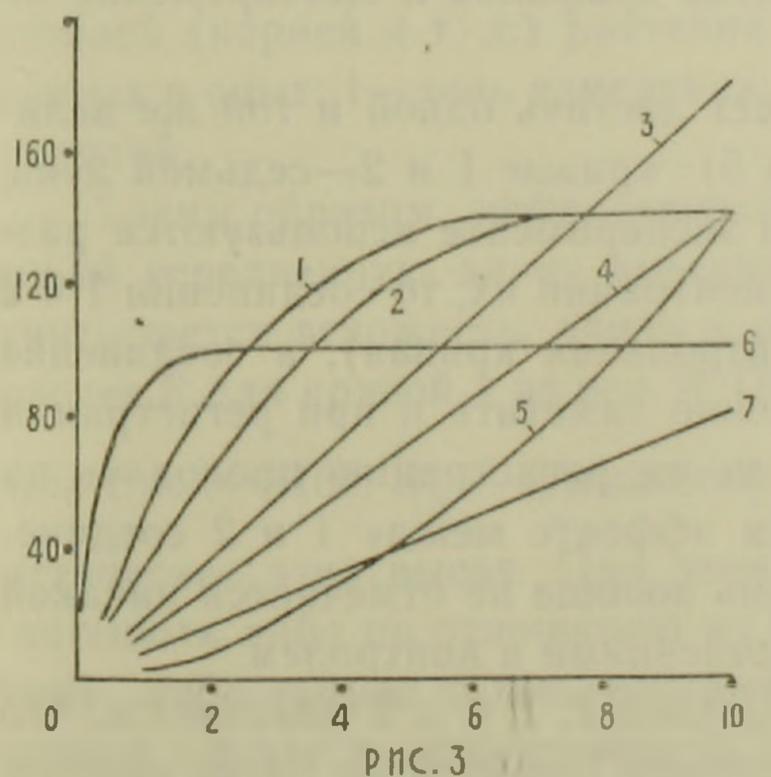
Подобный анализ возможен лишь в случае изучения какого-либо параметра на одном объекте и при воздействии каким-либо одним или двумя факторами. Использование большого числа объектов и факторов делает невозможным такой анализ из-за соответствующего увеличения числа графиков. В этих случаях обычно используют среднее значение и учитывают отклонение от среднего. Здесь экспериментатор умышленно «сглаживает» индивидуальные отклонения от среднего, но получает возможность сравнивать изучаемые параметры для разных объектов и факторов воздействия.

На рис. 2 в качестве примера приведены данные по сравнению действия различных концентраций красителя зеленого прочного на скорость роста стебельков и корешков у кукурузы. Такой анализ влияния различных химических и физических факторов на прорастание семян и рост стебельков и корешков наиболее приемлем, поскольку дает возможность наблюдать не только сам факт воздействия, но и его характер. Однако он может быть применим только в том случае, когда экспериментатор имеет дело лишь с ограниченным числом исследуемых объектов или факторов воздействия. С увеличением числа факторов воздействия или условий использования факторов становится невозможным пользоваться и этой формой анализа из-за увеличения числа графиков.

Обычно выход из этого положения находят в том, что приводят не все полученные данные, а только часть их, выбирая наиболее характерные. Если взять приведенный пример (рис. 2), то в этом случае приводится в виде табличного материала средняя величина корешка или стебельков на какой-то произвольно выбранный день (например, пятый), когда с точки зрения экспериментатора наблюдается наиболее характерное различие между исследуемыми параметрами (объектом исследо-



Влияние различных концентраций красителя зеленого прочного на рост корешка ячменя. По оси ординат — сумма длины корешков всех проросших семян в см, по оси абсцисс — дни после начала прорастания. 1—контроль (H_2O), 2—6—краситель зеленый прочный. 2—0,0001, 3—0,001, 4—0,01, 5—0,1 и 6—1,0%.



Гипотетический эксперимент по влиянию каких-либо веществ (или факторов) на рост (или другие параметры) растения. По оси абсцисс — дни (часы, минуты, недели и т. п.), по оси ординат — длина (высота, количество, вес и т. п.) в см (мм, г и т. д.).

вания, факторами воздействия, условиями воздействия и т. д.). Таким анализом пользуются в основном в физиологических и генетических работах.

Наш собственный опыт работы по изучению влияния различных химических соединений (активаторов, ингибиторов, мутагенов и др.) на всхожесть и прорастание семян, рост корешков и стебельков, рост стеблей растений в полевых условиях и т. д., показал, что подобный анализ, хотя и делает возможным использование большого количества различных растительных объектов и целого спектра факторов воздействия, тем не менее часто приводит к различным, а иногда и противоположным выводам, что зависит от срока, выбранного экспериментатором для сравнения.

Подобное явление имеет место вследствие того, что различные химические соединения не только стимулируют или угнетают рост (прорастание, скорость и т. п.), но осуществляют эти эффекты по-разному. Стимулирующий или угнетающий эффект у одних соединений (или по отношению к одним объектам) проявляется раньше, а у других позже; некоторые соединения сначала стимулируют, а затем угнетают или наоборот.

Все эти варианты представлены на рис. 3 в виде результатов гипотетического эксперимента. Ясно видно, что в зависимости от того, на какой день проведено измерение, мы можем вывести совершенно другое заключение об активности использованных веществ. Следовательно, чтобы иметь представление о характере влияния разных соединений (условий, факторов и т. д.), необходимо либо приводить полностью кривые роста (как сказано выше, что не всегда удобно), либо разработать новый прием оценки роста, который дал бы возможность, используя лишь одну цифру, учесть и характер самой кривой.

Ниже приводится один из вариантов подобной оценки, который, с нашей точки зрения, в определенной степени снимает все выше приведенные затруднения, связанные с представлением большого фактического материала по динамике прорастания семян и роста растений, и дает возможность оценить эффективность того или иного воздействия, не прибегая к использованию большого количества графиков и одновременно не обедняя полученные данные.

По рис. 3 видно, что растение может достичь одной и той же величины в разные сроки (кривые 1, 2, 4 и 5): кривые 1 и 2—седьмой день, 4 и 5—десятый. Это значит, что если в эксперименте используются различные химические соединения или концентрации их, то соединения 1 и 2 действуют стимулирующе (если 4—контрольная кривая), а соединение 5—угнетающе. Однако этот эффект можно заметить и при регистрации на 5-й и 6-й дни, или еще раньше. Если же регистрацию проводить на 7-й день, то разница в стимулирующем эффекте между 1 и 2 соединениями не обнаруживается, а на 10-й день вообще не отмечается никакой разницы между изучаемыми тремя соединениями и контролем.

С другой стороны, при сравнении кривых 1, 3, 4 и 6 выясняется, что кривая 6 по сравнению с кривой 4 (контролем) имеет одну очень важную особенность: резкий подъем в первые дни и постоянный, относительно низкий уровень—в последующие. В зависимости от исследуемого процесса или изучения действия того или иного фактора форма кривой может иметь решающее значение.

В гипотетическом эксперименте, приведенном на рис. 3, кривые 3 и 6 могут соответствовать лишь крайним случаям воздействия, которые, очевидно, встречаются очень редко. В основном мы сталкиваемся со случаями, отраженными на кривых 1 и 2 (стимулирующий эффект) и 5 и 7 (ингибиторный эффект).

Из кривых рис. 3 видно, что для определения стимулирующего или угнетающего эффекта важна не столько величина, сколько сроки проявления его. О стимулирующем и, в меньшей степени, ингибирующем эф-

фекте в эксперименте судят часто не по абсолютным размерам растений, а по срокам достижения этих размеров, поскольку не редки случаи, когда заторможенные в начале растения к концу вегетационного периода настигают контрольные и, наоборот, когда при стимулирующем эффекте наблюдается задержка роста к концу вегетационного периода. Все это говорит о том, что стимулирующий и ингибирующий эффекты резче проявляются в первые дни воздействия. С другой стороны, если рассматривать два разных растения (сорта, вида), то очевидно, что эффективнее будет прорасти или расти то растение, которое прорастает скорее или растет быстрее.

Исходя из сказанного, мы предлагаем ввести в экспериментальную практику понятие эффективности прорастания или роста растений, которое представляет собой числовое выражение общей способности семян прорасти, или растения расти, независимо от того в какой день мы определяем эту способность. Эффективность прорастания или роста рассчитывается по формуле:

$$E_{(N, m, n)} = \frac{\sum_m \frac{S_N}{N_t}}{m},$$

где S — сумма длины всех проростков (корешков, стебельков) или стеблей (корней и т. д.) растения в t день; N — число семян (растений), взятых в опыт; t — день измерения; m — число измерений; n — интервал измерений.

Таким образом, эффективность прорастания или роста представляет собой усредненную длину корешков (или стеблей растений), в которой учитывается всхожесть, длина и скорость роста. Для примера приведем расчет E для кривой 1 из рис. 3. Предположим, что у нас было 100 расте-

ний, т. е. $N=100$. S_N — сумма всех высот растений, а $\frac{S_N}{N}$ — среднее ариф-

метическое этих высот. При этом среднее арифметическое можно рассчитывать либо по отношению ко всем, взятым в опыт растениям (семенам), либо только к тем, которые проросли (взошли,клюнулись). В первом случае в эффективности прорастания или роста учитывается и всхожесть семян. Если измерение производить сразу же после появления ростков, то первое измерение будет производиться на следующий день после начала прорастания, второе — на второй день (при $n=1$), или на третий (при $n=2$), третье — на третий день, или на пятый (при $n=2$), тогда t будет равно соответственно 1, 2 и 3 и т. д., или 1, 3, 5 и т. д. (при $n=2$). Если принять, что на рис. 3 по оси ординат у нас приведены $\frac{S_N}{N}$,

то для кривой 1

$$E_{(100; 10; 1)} = \frac{\frac{2,7}{1} + \frac{4,2}{2} + \frac{5,4}{3} + \frac{6,2}{4} + \frac{6,8}{5} + \frac{7,0}{6} + \frac{7,0}{7} + \frac{7,0}{8} + \frac{7,0}{9} + \frac{7,0}{10}}{10} = 1,407 \text{ см}$$

Аналогичный расчет можно производить и для других кривых. Для кривых, приведенных на рис. 3, E будет равна: для 1—1,407, 2—1,205, 3—0,900, 4—0,700, 5—0,475, 6—1,396 и 7—0,400 см. Как видно из этих цифр, они очень точно отражают характер изменения, и небольшие различия между кривыми 1 и 2 уже сказываются на величинах E . С другой стороны, отсутствие разницы в величине роста на 10-й день измерения, отраженное в кривых 1, 2, 4 и 5, не сказывается на величинах E этих кривых.

Число m должно выбираться для каждого случая отдельно. Ясно, что если изучается влияние различных факторов на прорастание, то m должно быть от 3 до 6, в некоторых случаях и более (в зависимости от вида растения), если же рассматривается рост стебля растения (высота), то эти сроки могут быть увеличены в десятки и сотни раз (при этом n может приобретать значения 5, 10 и более). Желательно, чтобы n имело как можно меньшее значение—при этом увеличивается точность расчета E . Для каждого вида растения необходимо подобрать соответствующие значения N , t , m и n .

Если эксперименты проводятся в полевых условиях и длятся продолжительное время, то t удобнее обозначать не временем, а числом измерения. Так, например, если измерения проводились на 10-й, 20-й, 30-й и т. д. дни, то сумму высот растений можно делить на 1, 2, 3 и т. д., а не на 10, 20, 30 и т. д.

Таблица 1

Влияние красителя зеленого прочного на всхожесть семян, энергию и эффективность прорастания, скорость роста и эффективность роста корешков и стебля кукурузы ВНР-44

	Сроки измерения по дням	Концентрация зеленого прочного, %					
		H ₂ O	0,0001	0,001	0,01	0,1	1,0
Энергия прорастания, %	I	48	35	53	25	20	13
	II	53	63	94	80	75	35
	III	61	85	96	95	83	61
	IV	66	88	97	96	85	74
	V	66	88	67	97	89	76
Рост корешков, см (средние из 100—)	I	0,18	0,20	0,29	0,05	0,05	0,02
	II	0,54	0,79	1,24	0,93	0,42	0,28
	III	0,7	2,64	3,27	2,22	3,63	1,06
	IV	1,18	5,37	6,96	3,38	6,68	2,26
	V	2,23	8,03	9,78	7,75	10,00	3,77
Высота стебля, см (полевые опыты)	10	25,6	26,1	26,1	33,5	26,8	24,0
	20	51,0	58,8	58,8	58,1	42,6	39,5
	30	92,8	98,3	98,7	74,3	93,9	75,7
	40	121,9	125,6	146,0	145,4	134,0	115,0
$E_{(100; 5; 1)}$ роста корешков		0,28	0,62	1,16	1,03	0,73	0,37
$E_{(100; 5; 1)}$ прорастания		0,24	0,27	0,35	0,28	0,25	0,17
$E_{(100; 4; 10)}$ роста стеблей		28,7	29,7	30,9	32,8	28,2	19,5

Таблица 2

Влияние зеленого прочного на энергию прорастания, скорость роста и эффективность роста корешков и стебельков ячменя

	Сроки измерения по дням	Концентрация зеленого прочного, ‰					
		H ₂ O	0,0001	0,001	0,01	0,1	1,0
Энергия прорастания, ‰	I	52	28	64	26	34	14
	V	60	58	72	64	64	48
Длина корешков, см	I	0,51	0,22	0,78	0,23	0,33	0,10
	II	1,04	0,78	1,84	0,94	1,08	0,59
	III	1,23	1,78	2,31	2,04	2,00	1,67
	IV	1,55	2,73	2,68	2,49	2,70	2,35
	V	1,66	3,74	3,18	3,15	2,71	3,00
Длина стебелька, см	II	0,10	0,10	0,16	0,03	0,1	0,04
	III	0,34	0,47	0,66	0,47	0,43	0,32
	IV	0,84	0,99	1,20	1,17	1,14	0,78
	V	1,23	1,83	2,04	1,47	1,59	1,42
Эффективность роста, E ₍₅₀₎	корешка E _(50; 4; 1)	0,43	0,51	0,74	0,52	0,55	0,42
	стебелька E _(50; 5; 1)	0,15	0,20	0,28	0,19	0,20	0,17

Для примера приведем некоторые данные по влиянию анионного красителя зеленого прочного на всхожесть, прорастание и рост растений, а также эффективность прорастания и роста в этих случаях (табл. 1 и 2).

Цифровой материал, приведенный в табл. 1, показывает, что последние три графы полностью заменяют собой все остальные графы табл. 1 и с большой точностью отражают эффективность исследуемого вещества.

В заключение необходимо заметить, что E может служить при придании определенных значений N, t, m и n четким критерием для сравнения не только влияния различных агентов, но и сравнения двух сортов одного и того же растения или различных экспериментальных условий. E для одного и того же сорта растения, выращиваемого в одних и тех же условиях, должна быть всегда одинаковой. Изменение ее в ту или иную сторону всегда должно говорить либо о стимулирующем, либо об угнетающем эффекте, либо о качестве сорта, семян и т. д.

Ереванский государственный университет

Поступило 2.VII 1971 г.

Գ. Հ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Ե. Ե. ԹԱՄՐԱԶՅԱՆ

ՓՈՐՁՈՒՄ ԵՎ ՊՐԱԿՏԻԿԱՅՈՒՄ ՍԵՐՄԵՐԻ ԾՂՄԱՆ ԵՎ ԲՈՒՅՍԵՐԻ ԱՃՄԱՆ ԷՖԵԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում առաջարկվում է սերմերի ծլման և բույսերի աճի էֆեկտիվության գնահատման մեթոդ, որը կարելի է կիրառել ինչպես փորձում, այնպես էլ պրակտիկայում: Ներկայացվող մեթոդը որոշակի չափով վերացնում է այն դժվարությունները, որոնք կապված են ծլման դինամիկայի և բույսերի

ածի վերաբերյալ ստացված մեծաքանակ տվյալների մշակման հետ: Մեթոդը հնարավորություն է տալիս գնահատել այս կամ այն ազդեցության էֆեկտիվությունը՝ շօգտագործելով մեծ քանակությամբ գրաֆիկական նյութ և շնսեմացնելով ստացված տվյալները: էֆեկտիվության այս գաղափարը ծլման կամ բույսերի աճի ընդհանուր ունակության թվային արտահայտությունն է՝ անկախ այն բանից, թե որ օրն է այն որոշվում, որը հաշվում են հետևյալ բանաձևով՝

$$E_{(N, m, n)} = \frac{\sum_m \frac{S_N}{N_t}}{m}$$

S — բույսերի բույր ծիլերի երկարության գումարը t օրում

N — փորձում վերցված սերմերի (բույսերի) թիվը

t — չափման օրը

m — չափումների թիվը

n — չափումների ինտերվալը

E -ի արժեքի փոփոխությունը այս կամ այն կողմը կարող է խոսել ստիմուլյացիայի կամ ճնշման էֆեկտի մասին, ինչպես նաև սերմերի և սորտի մասին:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Овчаров К. Е. Физиологические основы всхожести семян. Наука, М., 1969.
2. Руге У. Практикум по физиологии роста и развития растений. Изд. И. Л., М., 1955.