

УДК 635.63: [631.589.2+631.811.1.033]

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА НАКОПЛЕНИЕ НИТРАТОВ В ПЛОДАХ ТЕПЛИЧНОГО ОГУРЦА

П. А. АПОСТОЛ, А. В. БОРИСОВ, О. Н. КРЫЛОВ, В. В. НОВИКОВ

(Кафедра овощеводства)

В проточной водной культуре и в почвогрунте выращивали различные гибриды огурца. Минеральное питание осуществляли по стандартной и модифицированной методике. Выявлены существенные различия в накоплении нитратов плодами огурца в зависимости от вида гибрида и способа минерального питания. Доказана возможность регулирования содержания нитратного азота в плодах огурца и поддержания его на уровне, существенно более низком, чем допускают имеющиеся рекомендации.

Необходимость рационального применения азотных минеральных удобрений, а также доведения концентрации нитратов в растительной продукции до уровня, безопасного для человека, предопределила проведение многочисленных экспериментальных исследований по определению норм удобрений, режимов их применения и содержания нитратов в растительной продукции. Большая работа по этим вопросам применительно к овощным культурам выполнена японскими учеными [12]. Интенсивно изучаются зеленые культуры [8, 12—14], которые способны накапливать много нитратов. Огурцы также относятся к растениям, способным концентрировать значительное количество нитратов в зеленых плодах. Если учесть, что их культура занимает больше половины площадей теплиц, то актуальность задачи регулирования количества нитратов в плодах огурца становится очевидной. Важность решения этой задачи связана еще и с тем, что

в практике тепличного хозяйства (зарубежных стран) достаточно широко применяется выращивание растений на минеральной вате [9], при этом весь азот вносят с минеральными удобрениями, а во избежание отравлений растений аммиаком применяют в основном нитратные формы.

Для регулирования накопления нитратов в плодах огурца необходимо располагать достаточными сведениями об их накоплении различными гибридами при разных условиях выращивания. Получение такого рода сведений и явилось целью наших исследований.

Методика

Опыты проводились в 1988—1991 гг. в зимне-весенних стеклянных теплицах на Овощной опытной станции Тимирязевской академии. Кроме того, определяли содержание нитратов в плодах огурца многочисленных гибридов, выращиваемых на селекционном участке.

Опыт 1. Гибриды F₁ 575, 2616 и 412, находящиеся на стадии широкого внедрения в производство, выращивали в проточной водной культуре. Пчелоопыляемый гибрид 575 опыляли вручную. Гибриды 2616 и 412 — партенокарпические гладкие; первый из них — длинноплодный, второй — короткоплодный. Семена высевали 16 февраля, окончание опыта 22 июня.

Питательный раствор содержал следующие количества элементов (мг/л): в рассадный период (до 10 марта) — N(NH₄⁺) — 30, N(NO₃⁻) — 90, P — 70, K — 180, Ca — 140, Mg — 25; в межфазный период усиленный рост — цветение (10—25 марта) — N(NO₃⁻) — 130, остальные элементы в тех же дозах; в фазу плодоношения — N(NH₄⁺) — 40, N(NO₃⁻) — 160, P — 65, K — 300, Ca — 160, Mg — 45. Микроэлементы вносили по рецепту Бентли [3] 1 раз в 2 недели. Объем питательного раствора — 30 л/м², по 10 л на растение.

В опыте создавали 2 уровня (варианта) минерального питания. При 1-м — к корням растений подавали питательный раствор постоянно. До 1 мая корректировку питательного раствора (до исходного состояния) проводили 3 раза в неделю, впоследствии — 1 раз в 10—11 дней. При 2-м — была поставлена задача обеспечить выход плодов с содержанием нитратов 80—160 мг/кг (предельно допустимое — 300—400 мг/кг). Для этого за 2 дня до 1-го сбора плодов (14 марта) питательный раствор заменили водопроводной водой. В дальнейшем при достижении концентрации нитратов в плодах 80±50 мг/кг снова подавали питательный раствор, а при концентрации 160±50 мг/кг — воду. Отклонения концентрации нитратов от заданных пределов не выдерживались точно, поскольку практически

это невозможно, да и не требовалось, так как заданная их концентрация была существенно ниже предельно допустимой.

Анализ плодов на содержание нитратов проводили перед очередным сбором, 2—4 раза в неделю.

Опыт 2. Условия выращивания растений такие же, как в опыте 1, но здесь корректировку питательного раствора проводили с переменной частотой на основании данных о содержании нитратов в плодах огурца при каждом сборе. Всего за вегетацию было 32 сбора. В первый период вегетации (до 10 мая) стремились поддерживать содержание нитратов в плодах на уровне 250—300, а в дальнейшем — 100 мг/кг. Регулирование проводили путем чередования подачи к корням растений воды и питательного раствора исходной концентрации.

Испытывались гибриды 575, 2616 и Стелла, все они опылялись пчелами. Гибрид Стелла партенокарпический, широко выращивается в хозяйствах.

Опыт 3. В почвенной культуре выращивали гибриды 2616, 442 и Стелла в теплице без пчел, а также 442, 575 и Эстафета — с пчелами. Гибрид 442 относится к группе партенокарпических короткоплодных, Эстафета — пчелоопыляемый гибрид, много лет выращивается в хозяйствах страны.

Гибриды занимали по одной грядке. Полезная площадь 10 м². Растения высаживали в 2 ряда по 12 шт. в каждом. В почвогрунте с 50 % органического вещества определяли содержание нитратов (в водной вытяжке) в четырех 10-сантиметровых слоях.

Опыт 4. Выращивали 17 гибридов селекции ТСХА в тех же условиях, что и в предыдущем опыте. Во время плодоношения на главном стебле в четырех сборах (13 марта — 6 апреля) определя-

ли содержание нитратов в плодах, для чего отбирали по 3—4 плода с каждого гибрида. Проба для анализа формировалась из отдельного стандартного плода. Измельчали весь плод или половину при продольном срезе. Кроме того, в двух сериях (по 30 плодов) анализировали нижнюю и верхнюю их части длиной 4—5 см. Для этого были выбраны плоды с низким (10—200 мг/кг) и высоким (150—850 мг/кг) содержанием нитратов. На основании полученных данных рассчитали соотношение концентраций нитратов в этих частях.

По результатам анализа отдельных плодов каждого сбора из описанных выше опытов, а также с производственного участка рассчитали значение вариации содержания NO_3 и ее коэффициент.

Теоретические частоты распределения коэффициента вариации для водной культуры получили из уравнения

$$m = (ni/s)f(t) \quad [7], \quad (7)$$

где m — теоретическая частота, n — количество наблюдений, i — интервал, s — дисперсия коэффициента вариации, $f(t)$ — значения функции нормального отклонения, рассчитанные по формуле

$$f(t) = (1/\sqrt{2\pi})e^{-t^2/2},$$

где t — нормированное отклонение, e — основание натурального логарифма.

Предварительно для водной культуры была проведена проверка на асимметричность распределения вариации.

В почвенной культуре теоретические частоты рассчитаны по уравнению убывающей экспоненты

$$m(\kappa) = m_0 e^{-c\kappa},$$

где κ — класс вариации признака; m_0 — начальная частота при $\kappa=0$; c — эмпирическая константа.

Теоретически коэффициент вариации — величина непрерывная, однако для практического использования нами было проведено его разделение на классы с интервалом 15 %.

Нитраты (NO_3^-) определяли ионоселективным методом [11] в первую половину дня сбора. Чувствительность метода 30 мг/кг, ошибка определения ± 12 %.

Математическую обработку результатов проводили стандартными методами [5, 7]. Оценивали достоверность разности по вариантам дисперсионным методом, а также методом средней разности там, где имело место сопряженное наблюдение в течение длительного периода вегетации.

Результаты

В опыте 1 более высокое накопление нитратов в плодах наблюдалось на втором уровне минерального питания (табл. 1, рис. 1). После

Таблица 1

Урожай плодов ($\text{кг}/\text{м}^2$) разных гибридов огурца и содержание в них нитратов ($\text{мг}/\text{кг}$) в зависимости от уровня минерального питания (м. п.) в опыте 1

Гибрид	Урожайность	Содержание нитратов	
		среднее	максимальное
<i>2-й уровень м. п.</i>			
575	20,1	180	395
2616	20,6	200	430
412	16,4	225	410
<i>1-й уровень м. п.</i>			
575	19,8	100	200
2616	21,1	110	300
412	19,1	105	375
НСП ₀₅	2,8	14*	14
			34

* — указано для парного сравнения на 2-м уровне минерального питания сверху вниз и обратно по часовой стрелке.

его снижения путем сокращения частоты корректировки питательного раствора с 3 раз в неделю до 1 раза в 10—11 дней значение этого показателя в обоих вариантах практически сравнялось.

О реакции гибридов на накопле-

ние нитратов можно судить по данным табл. 2—5 и рис. 2—3.

Прежде всего следует отметить, что плоды гибрида 442 во всех случаях отличались более высоким содержанием нитратов по сравнению с плодами других изучаемых

Рис. 1. Изменение содержания нитратов в плодах гибридов огурца за вегетацию в зависимости от способа корректировки питательного раствора.

I — периодическая подача в корневую среду растений питательного раствора или воды; *II* — переменная частота корректировки питательного раствора; *a, б, в* — соответственно гибриды 575, 2616 и 412.

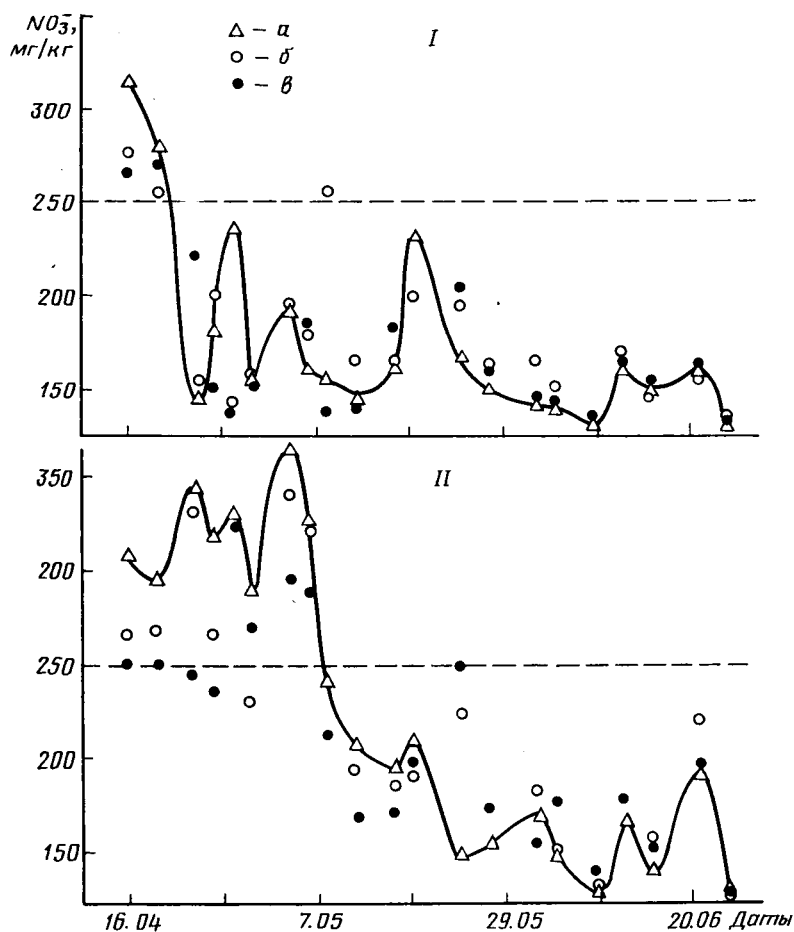


Таблица 2

Распределение урожая плодов (числитель — кг, знаменатель — %) по классам в зависимости от содержания в них нитратов в опыте 2

Класс	Содержание NO ₃ , мг/кг	Гибрид		
		575	2616	Стелла
1	100	5,5	14,0	6,4
		21	47	28
2	100—200	12,5	6,1	8,8
		47	20	38
3	200—300	2,7	5,9	5,0
		10	20	22
4	300—400	1,0	2,3	0,9
		4	8	4
5	400—500	2,0	1,6	2,0
		7	5	8
6	500	3	—	—
		11	—	—
5+6	400	5,0	1,6	2
		20	2	8

гибридов (табл. 4, 5; рис. 3).

К среднему классу по способности к накоплению нитратов в плодах следует отнести пчелоопыляемый гибрид 575. Среди других гибри-

дов при выращивании в водной культуре 1 раз он выделялся существенно более высоким накоплением нитратов (табл. 2 и 3), 2 раза занимал среднее положение (табл. 5, рис. 3) и 1 раз — наименьшее (табл. 1, рис. 1). В почвенной культуре этот гибрид характеризовался высоким содержанием нитратов (табл. 4).

У гибрида Эстафета накапливается существенно меньше нитратов в плодах (табл. 4 и 5), что

Таблица 3

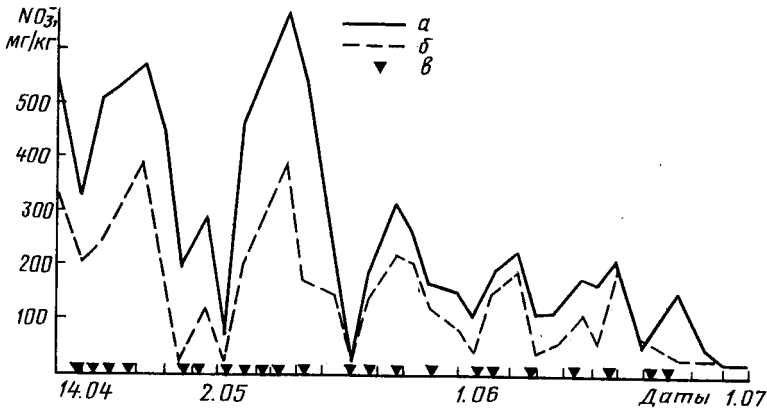
Значения НСР₀₅ (мг/кг) и *t* критерий при парном сравнении содержания нитратов разных гибридов за период вегетации в опыте 2

Гибрид	Гибрид			Содержание нитратов*
	575	2616	Стелла	
575	—	95	64	220
2616	95	—	—	150
Стелла	64	$t_{\phi} < t_T$	$t_{\phi} < t_T$	180

* — приводится средневзвешенное содержание по 32 сборам плодов в течение 2,5 мес.

Рис. 2. Изменение содержания нитратов в плодах огурца в зависимости от выращиваемого гибрида в проточной водной культуре.

a и *b* — гибриды 575 и 2616; *в* — время корректировки питательного раствора.



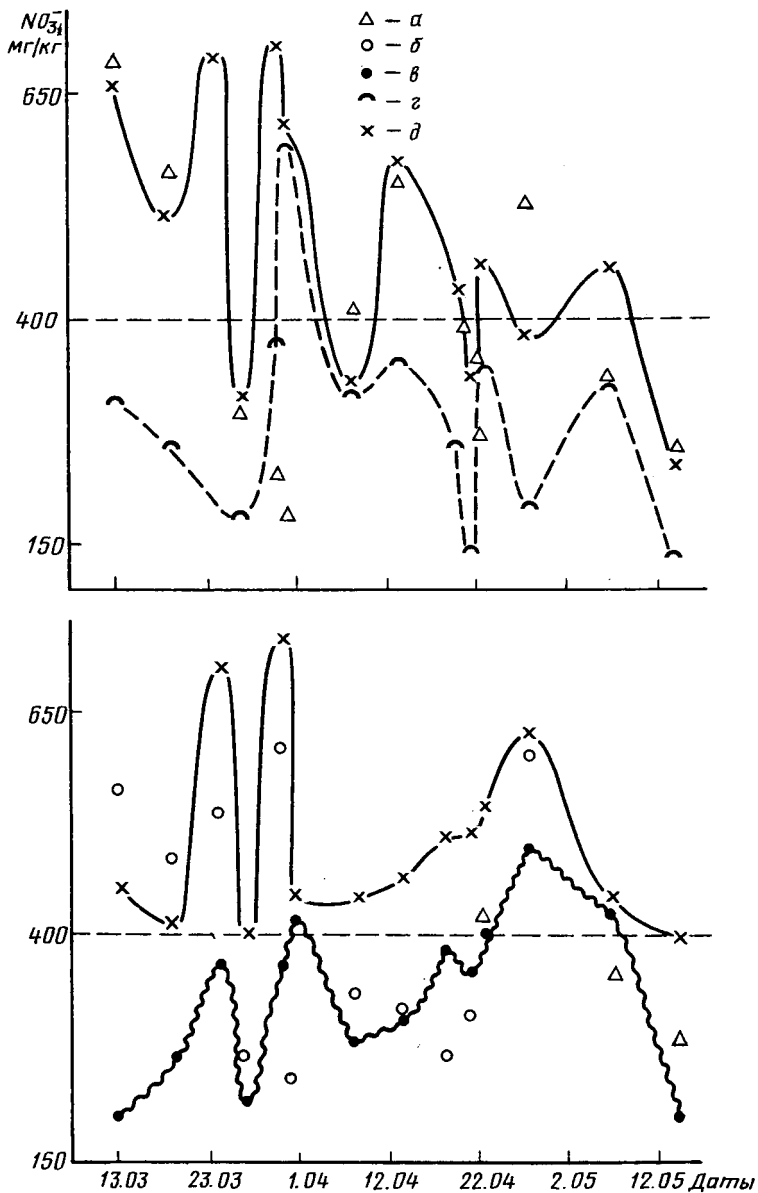


Рис. 3. Изменение содержания нитратов в плодах огурца в зависимости от выращиваемого гибрида в почвенной культуре при опылении пчелами (вверху) и без опыления. а — гибрид 575; б — 2616; в — Стелла; г — Эстафета; д — 442.

Таблица 4
Содержание нитратов (мг/кг) в плодах разных гибридов огурца (почвенная культура) в опыте 4

Гибрид	Дата анализа				Среднее
	13.03	25.03	30.03	6.04	
28	600	360	440	310	430
2587	680	430	760	710	650
294	560	220	460	560	450
2694	350	170	760	570	460
440	840	600	610	610	670
273	530	540	570	660	580
2616	380	240	480	350	360
442	670	520	810	700	680
575	690	570	530	220	500
3566	480	390	610	500	500
205	680	560	350	570	540
968	580	500	670	580	580
Эстафета	310	260	330	380	320
219	390	230	430	340	350
283	650	480	740	640	630
T-5	660	410	630	400	530
ТСХА-125	430	410	430	800	520
НСР ₀₅	—	—	—	—	180
НСР ₀₅	—	—	—	—	240

Таблица 5
Значения НСР₀₅ (мг/кг) и *t* критерий при парном сравнении содержания нитратов в плодах разных гибридов за период вегетации в 3-м опыте

Гибрид	Гибрид 442	Среднее содержание нитратов	Разность относительно гибрида 442
<i>Без пчел</i>			
442	—	510	0
2616	60	410	—100
Стелла	60	340	—170
<i>Опыление пчелами</i>			
442	—	480	0
575	$t_{\phi} < t_r$	410	—70
Эстафета	110	300	—180

очень важно, поскольку его выращивают на больших площадях.

Следует особо обратить внимание на высокий уровень содержания нитратов в плодах в начальных ранневесенних сборах всех без исключения гибридов и для всех условий выращивания. Если учесть, что в наших опытах использовались общепринятые нормы минерального питания [4, 9], то можно прийти к заключению о необходимости их пересмотра с тем, чтобы получать ранней весной плоды с гарантированно низким содержанием нитратов.

Характерной особенностью наших теплиц является высокий градиент концентрации NO_3^- в почвенном растворе по мере углубления в почвогрунт [6] — в среднем 60 мг/см. В дренажном слое песка на глубине 40 см концентрация нитратов в растворе достигала 800—1000 мг/л, в то время как в поверхностном слое при нормальном поливе — всего 20—40 мг/л (определение проводили по известным методикам [4]). Следовательно, уровень азотного питания в целом усиливался за счет подпочвенного запаса нитратного азота. Средние пробы, взятые для анализа на глубине 20 см, не отражали истинного состояния азотного питания. Поэтому и наблюдалось высокое содержание нитратов в плодах в течение длительного периода вегетации (рис. 3). Можно также предположить, что корневая система гибрида 442 проникает более глубоко, чем у гибрида Эстафета, что и способствует большему поглощению и накоплению нитратов.

Из табл. 6 следует, что содержание нитратов в одном плоде может колебаться в пределах 0—75 % от среднего по четырем плодам. Это очень большой размах колебаний.

Выявленные законы распределения частот вариации показателя (табл. 6) позволяют установить, насколько велика вероятность попадания отдельного плода в тот или иной класс. Если при этом известно среднее содержание нитратов в партии плодов, то можно с определенной вероятностью рассчитать содержание нитратов в каждом плоде, не анализируя его.

Значения параметров уравнений для расчета распределения частот (см. методику) следующие: $\bar{X} = 37,5\%$, $s = 23,7\%$, $t = X_i - \bar{X}$, $m_0 = 555$, $c = 1,278$, где \bar{X} — среднее значение коэффициента вариации по всем классам, X_i — то же внутри каждого класса.

Как видно из табл. 6, вероятность того, что содержание нитратов в отдельном плоде огурца отклонится от среднего из партии на 0—30%, составляет более 0,93 для почвенной культуры и 0,62 — для водной. Как оказалось, нельзя ожидать меньшего разброса концентрации нитратов в проточной водной культуре по сравнению с почвенной. И в том, и в другом случае главную роль в варьировании исследуемого признака играет не

выравненность корневого питания, а другие факторы.

При проведении анализов для сохранения основной массы плода можно использовать лишь его часть, но для этого необходимо знать градиент изменения концентрации нитратов по длине плода. Известно, что наибольшей концентрацией нитратов отличаются проводящие органы [10]. Поэтому следует ожидать, что в основании плода около черешка значение данного показателя будет выше, чем в верхушечной его части. Нижнюю часть плода в 2—3 см можно без ущерба для основной его массы удалить и выполнить на ней анализ.

Для низкого содержания нитратов (10—200 мг/кг) соотношение их концентраций в основании и верхушке плода было равно в среднем $2,6 \pm 0,6$ при 95% уровне вероятности, для высокого (150—850 мг/кг) — $2,7 \pm 0,6$; ошибка средней в обоих случаях 11%. Следует подчеркнуть, что коэффициент вариации в первом случае составлял 60%, а в последнем — 37%, т. е. был почти вдвое меньше. Это позволяет более уверенно давать оценку накоплению нитратов по

Таблица 6

Распределение частоты (m) вариации (V) содержания нитратов в плодах огурца, выращенного в водной культуре в почве

Класс	V, %	Водная культура				Почва			
		эмпир.		теор.		эмпир.		теор.	
		m	m/n	m	m/n	m	m/n	m	m/n
1	0—15	33	0,28	24	0,22	111	0,59	155	0,73
2	15—30	47	0,41	45	0,40	50	0,27	43	0,20
3	30—45	25	0,22	32	0,29	24	0,13	12	0,06
4	45—60	7	0,06	9	0,08	2	0,01	3	0,01
5	60—75	4	0,03	1	0,01	—	—	—	—
Сумма		116	1	111	1	187	1	213	1

Примечание. Эмпирические коэффициенты асимметрии и эксцентриситета для распределения частот в водной культуре были ниже теоретических.

значению их соотношения в основании и в верхушке плода при высоком уровне концентрации, что для практики представляет наибольший интерес.

Возможность поддерживать низкое содержание нитратов в растениях без снижения их урожаев может обеспечить экономию азотных удобрений. Как известно, в теплицах получают намного больше биомассы с единицы площади за сезон, чем в поле. К примеру, урожай плодов огурца 30 кг/м^2 при среднем выносе азота 2 г/кг и коэффициенте использования $0,8$ на минераловатной культуре требует внесения 750 кг азота на гектар. Если в плодах содержится в среднем 300 мг нитратного азота на 1 кг , то непроизводительное расходование азота, поглощенного растениями, составит 90 кг/га . Уменьшение содержания нитратного азота в 3 раза приводит к снижению этих расходов на 60 кг/га . Как видно из табл. 1—3, это вполне реально. Если учитывать, что водная культура при умелом регулировании позволяет растениям использовать азот практически на 100% [1, 2], то в этом случае экономия азотных удобрений может достичь не менее 25% по сравнению с их потреблением в почвенной культуре.

Выводы

1. Среди испытанных тепличных гибридов огурца селекции Тимирязевской академии обнаружены такие, которые способны накапливать нитраты в существенно меньшей мере, чем остальные. К ним относятся гибриды F_1 Эстафета (пчелоопыляемый) и 2616 (партенокарпический).

2. Урожайность огурца в точной водной культуре (18 февраля — 1 июля) может превышать

25 кг/м^2 при средневзвешенном содержании нитратов в плодах $150—220 \text{ мг/кг}$.

3. Вариация содержания нитратов в отдельно взятом плоде от среднего показателя в партии плодов колеблется в пределах $0—75\%$. Коэффициент вариации распределяется в соответствии с нормальным законом распределения или по убывающей экспоненте.

4. Соотношение между содержанием нитратов в части плода у основания ($4—5 \text{ см}$) и в такой же части у верхушки равно $(2,6—2,7) \pm 0,6$ и не зависит от общего уровня нитратов в плодах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Апостол П. А., Карпина Т. А., Шильникова В. К. Питание огурцов и томатов восстановленным азотом в замкнутой гидропонной и рыбоводной системах.— Изв. ТСХА, 1992, вып. 1, с. 104—121;— 2. Апостол П. А., Форепо С. Г. Корректировка питательного раствора для тепличного томата по данным о приходе солнечной радиации.— Изв. ТСХА, 1992, вып. 2, с. 113—123.— 3. Бенгли М. Промышленная гидропоника.— М.: Колос, 1965.— 4. Глушцов Н. М. Агробиохимическая лаборатория овощеводства.— М.: Росагропромиздат, 1989.— 5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта.— М.: Колос, 1979.— 6. Заурембеков А. В. Перераспределение нитратного азота по профилю перегнойно-торфяно-глеевой почвы при регулировании водного раствора.— Изв. ТСХА, 1983, вып. 1, с. 78.— 7. Лакин Г. Ф. Биометрия.— М.: Высшая школа, 1980.— 8. Смирнов П. М., Базилевич С. Д., Обуховская Л. В. Урожайность овощных культур и накопление в них нитратов при внесении азотных удобрений.— Изв. ТСХА, 1982, вып. 4, с. 53.— 9. Семидицев Х. Тепличное овощеводство на малообъемной гидропонике.— М.: Агропромиздат, 1985.— 10. Церлинг В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур.— М.: Агропромиздат, 1990.— 11. Нормативные документы по контролю

лю за содержанием токсикантов в продукции растениеводства.— М.: Агропромиздат, 1988.— 12. *Hideo Ikeda*.— Bull. Univ. Osaka Pref. Ser. B., 1988, vol. 40, N 69.— 13. *Neuroud J. A., Collier G. F., Ganges A. e. a.*— Recherche

agronomen Suisse, 1985, vol. 24 (1/2), p. 7.— 14. *Reinink K.*— Groenwold and Bootsma. *Euphytica*, 1987, vol. 36, p. 11—18.

Статья поступила 17 марта 1992 г.

SUMMARY

Different cucumber hybrids were grown in running water culture and in soil-ground. Mineral nutrition was carried out according to standard and modified methods. Essential variations in accumulation of nitrates by cucumber fruit depending on the kind of hybrid and the way of mineral nutrition were found. The possibility to regulate the amount of nitrate nitrogen in cucumber fruit and to maintain it on a much lower level than the existing recommendations admit is proved.