

УДК 633.15:581.1:631.811.8

**БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У КУКУРУЗЫ  
ПРИ ПОСТОЯННОМ И ПРОГРЕССИРУЮЩЕМ  
ХЛОРИДНОМ ЗАСОЛЕНИИ**

**Т. Ю. ФЕДЯЕВА, А. Е. ПЕТРОВ-СПИРИДОНОВ**

**(Кафедра физиологии растений)**

Исследовано влияние постоянного и прогрессирующего хлоридного засоления в диапазоне концентраций 35—135 мМ NaCl на рост растений гибрида кукурузы КВС 701, накопление биомассы органов и особенности формирования корневой системы.

В связи с проблемами освоения засоленных почв и почв с признаками вторичного засоления, а также использования морских и минерализованных вод для полива сельскохозяйственных растений возникает необходимость наряду с мелиоративными мероприятиями проводить эффективный отбор форм и сортов относительно солеустойчивых культурных растений. При этом особенно важным является изучение физиологических функций культурных растений при широком спектре действия засоления. В условиях засоления продуктивность культурных растений, как и всех гликофитов, резко снижается вследствие подавления ростовых процессов [5, 11, 15, 17, 19, 20]. Особенно сильно страдают при засолении корни [2, 6, 8, 11, 12].

До настоящего времени вопрос о причинах замедления роста растений при засолении остается дискуссионным. Широко распространено объяснение ингибирования роста гликофитов нарушением водного баланса, повышением осмотического потенциала клеток [7, 11, 12, 13, 16, 18]. Фактором подавления роста, несомненно, является и токсическое действие ионов солей, прежде всего натрия [4, 7, 10, 11].

Повреждающее действие засоления усиливается при недостаточной обеспеченности растений основными элементами минерального питания [3], что, по-видимому, обусловлено угнетением корней. В то же время исследования поглощающей функции корней показали, что при засолении уменьшается их общая и рабочая адсорбирующая поверхность. Однако при этом возрастает отношение рабочей поглощающей поверхности к недеятельной [2]. Формирование целостной корневой системы растений при засолении изучено недостаточно и на ограниченном числе культур. К тому же полученные данные носят противоречивый характер. В частности, у ячменя установлено уменьшение количества боковых корней и их длины, общего числа корневых волосков [8], тогда как у проростков кукурузы в ответ на угнетение главного корня увеличивались число придаточных корней и их суммарная длина при значи-

тельном снижении сухой массы [6]. Вместе с тем результаты [6] получены в краткосрочном опыте и по ним нельзя судить, сохраняется ли стимулирующий рост придаточных корней у взрослых растений при длительном солевом стрессе и как формируется корневая система при постепенном повышении уровня засоления.

Использование в вегетационных опытах прогрессирующего засоления позволяет моделировать естественные условия засоления, выявлять адаптационные возможности растений и решать практические агротехнические и мелиоративные задачи.

Вопрос о морфологии и функционировании корней в условиях засоления имеет не только важное теоретическое, но и практическое значение, например, при поиске подходящих тестов для отбора солестойких сортов и популяций растений.

## Методика

Объектом опытов был высокопродуктивный раннеспелый гибрид кукурузы КВС 701. Растения выращивали в водной культуре в трехлитровых сосудах в вегетационном домике кафедры физиологии растений Тимирязевской академии летом 1985 и 1986 гг. Питательным раствором являлась модифицированная смесь Хогланда [14], концентрация которой до фазы образования 10 листьев составляла 0,5 н., до фазы 13 листьев — 0,75 н. и до полного выметывания — 1 н.; рН питательного раствора поддерживался на уровне 5,6.

Поскольку годы исследований различались по метеоусловиям, то продолжительность опыта с постоянным засолением в 1986 г. была несколько короче (48 дней), чем опыта с прогрессирующим засолением в 1985 г. (54 дня) при наступлении одноименной фазы онтогенеза.

Условия засоления создавали начиная с фазы 6-го листа (возраст растений 17 дней)

в 1985 г. и в фазу 7 листьев (возраст 18 дней) в 1986 г. Раствор NaCl добавляли к питательной смеси Хогланда. Прогрессирующее засоление осуществлялось поэтапно с интервалом 6 дней до конечных концентраций 35, 60 и 135 мМ. Начальная концентрация соли 10 мМ на стадии проростков и последующий «шаг» засоления 25 мМ были определены нами по данным предварительного опыта как дозы, не вызывающие сильного повреждения растений. Временной промежуток 6 дней выбран исходя из адаптивных возможностей растений, поскольку примененных промежуточных времени действие возрастающих концентраций может суммироваться, приближаясь к действию при постоянном засолении. Схема опыта 1985 г. представлена в табл. 1.

Так как в варианте 35 мМ NaCl концентрация достигалась в два этапа и сравнительно через короткий отрезок времени, то действие засоления в нем можно считать близким действию постоянного засоления. Поэтому в опыт с постоянным засолением 1986 г. данный вариант не включали.

Смену питательного раствора как в контроле, так и в опытных вариантах проводили через каждые 6 дней в сроки внесения дополнительных доз NaCl. Пробы отбирали через каждые 6—7 дней. Повторность опыта 3—4-кратная.

В период от посадки семян до начала засоления среднесуточная температур в 1985 г. равнялась 16,8 °С, в 1986 г. — 21,8 °С относительная влажность воздуха в оба года составляла 70 %, в период засоления — соответственно 16,7 и 17,8 °С, 76 и 68 %

Анализ распределения придаточных корней проводили по [1]. Диаметр корней измеряли в средней их части микрометром. Так как толщина корней во времени почти не изменялась, то данные приведены только на день окончания опыта.

Т а б л и ц а 1

Схема опыта  
с прогрессирующим хлоридным засолением  
(концентрация NaCl, мМ)

Конечная концентрация	Дни от начала засоления					
	7	13	19	25	31	37
35	10	10	35	35	35	35
60	10	35	60	60	60	60
135	10	35	60	85	110	135

Примечание. В связи с отсутствием видимых различий между растениями 19- и 25-дневного возраста анализ последних не проводили.

## Результаты

Данные о высоте растений при постоянном и прогрессирующем засолении представлены в табл. 2 и 3. Их анализ показывает, что степень угнетения роста кукурузы находится в прямой зависимости от концентрации NaCl и длительности засоления. Уровень засоления 10 мМ в отличие от других оказывал стимулирующее действие на рост растений (различия с контролем достоверны на 5 % уровне значимости).

При постоянном засолении разница в высоте контрольных и опытных растений возрастала во времени и в фазу выметывания (30 дней

Высота побега кукурузы (см) при постоянном засолении

Концент-рация NaCl, мМ	Дни от начала засоления (фаза онтогенеза)				
	0 (7 листьев)	7 (9 листьев)	14 (10—11 листьев)	21 (13 листьев)	30' (выметывание)
0	$\frac{47,0 \pm 2,3}{100}$	$\frac{73,0 \pm 1,5}{100}$	$\frac{90,0 \pm 2,3}{100}$	$\frac{110,0 \pm 2,9}{100}$	$\frac{160,0 \pm 4,9}{100}$
60	$\frac{47,0 \pm 2,3}{100}$	$\frac{68,0 \pm 1,7^*}{93}$	$\frac{85,0 \pm 1,6}{94}$	$\frac{90,0 \pm 1,9^*}{82}$	$\frac{110,0 \pm 3,1^*}{69}$
110	$\frac{47,0 \pm 2,3}{100}$	$\frac{59,0 \pm 2,3^*}{81}$	$\frac{69,0 \pm 1,5^*}{77}$	$\frac{80,0 \pm 2,2^*}{72}$	$\frac{80,0 \pm 4,0^*}{50}$

Примечания. 1. Здесь и в табл. 3—5 в знаменателе — % к контролю. 2. Здесь и в последующих таблицах звездочкой обозначено наличие существенных различий с контролем при 5 % уровне значимости.

Таблица 3

Высота побега кукурузы (см) при прогрессирующем засолении

Концент-рация NaCl, мМ	Дни от начала засоления (фаза онтогенеза)				
	7 (7 листьев)	13 (8 листьев)	19 (10 листьев)	31 (13—14 листьев)	37 (выметывание)
0	$\frac{38,0 \pm 0,6}{100}$	$\frac{48,0 \pm 1,3}{100}$	$\frac{79,0 \pm 5,3}{100}$	$\frac{120,0 \pm 0,3}{100}$	$\frac{150,0 \pm 2,8}{100}$
35	$\frac{40,0 \pm 0,4^*}{105}$	$\frac{52,0 \pm 1,6}{108}$	$\frac{74,0 \pm 2,2}{94}$	$\frac{110,0 \pm 5,5}{92}$	$\frac{140,0 \pm 6,0}{93}$
60	$\frac{40,0 \pm 0,4^*}{105}$	$\frac{50,0 \pm 2,7}{104}$	$\frac{76,0 \pm 1,0}{96}$	$\frac{110,0 \pm 4,8}{92}$	$\frac{110,0 \pm 0,5^*}{73}$
135	$\frac{40,0 \pm 0,4^*}{105}$	$\frac{50,0 \pm 2,7}{104}$	$\frac{76,0 \pm 1,0}{96}$	$\frac{100,0 \pm 3,9^*}{83}$	$\frac{90,0 \pm 2,6^*}{60}$

от начала воздействия) достигала 31 % (60 мМ) и 50 % (110 мМ), а при прогрессирующем (через 31 день) — 8 и 17 % соответственно. Однако в опыте с прогрессирующим засолением при достижении концентрации NaCl 135 мМ и удлинении периода воздействия на 6 дней разница с контролем увеличивалась до 27 и 40 %.

Внешний вид растений в значительной мере зависел от способа засоления. При постоянном засолении (110 мМ NaCl) отмирание листьев распространялось до VII, а при прогрессирующем — до V яруса. Листья последующих верхних ярусов были бледно-зеленые с красными некротическими пятнами. При температуре выше 25—27° они теряли тургор и скручивались. В варианте 60 мМ NaCl описанные выше признаки страдания растений от засоления были выражены в меньшей степени, а при 35 мМ опытные растения практически, не отличались от контрольных. Столь же малые различия с контролем в данном варианте были получены и по накоплению сухой биомассы органов кукурузы. Эти результаты в общем подтверждают реакцию кукурузы на засоление, хотя снижение показателей было несущественным при 5 % уровне значимости.

Значительное подавление ростовых процессов при относительно высоких концентрациях NaCl в питательном растворе в конечном итоге явилось причиной снижения продуктивности растений. Особенно заметному угнетению подверглись репродуктивные органы (метелка), среди вегетативных — в первую очередь корни, затем стебли и листья (табл. 4 и 5).

Сухая биомасса органов кукурузы (г) при постоянном засолении

Концентрация NaCl, мМ	Дни от начала засоления				
	0	7	14	21	30
<b>Листья</b>					
0	$\frac{0,7 \pm 0,1}{100}$	$\frac{1,6 \pm 0,2}{100}$	$\frac{3,4 \pm 0,2}{100}$	$\frac{6,6 \pm 0,7}{100}$	$\frac{12,0 \pm 0,7}{100}$
60	$\frac{0,7 \pm 0,1}{100}$	$\frac{2,0 \pm 0,2}{125}$	$\frac{3,7 \pm 0,1}{108}$	$\frac{4,9 \pm 0,3^*}{74}$	$\frac{9,0 \pm 0,5^*}{75}$
110	$\frac{0,7 \pm 0,1}{100}$	$\frac{1,4 \pm 0,2}{88}$	$\frac{2,5 \pm 0,2}{74}$	$\frac{3,6 \pm 0,5^*}{55}$	$\frac{3,7 \pm 0,4^*}{30}$
<b>Стебель</b>					
0	$\frac{0,4 \pm 0,1}{100}$	$\frac{1,2 \pm 0,4}{100}$	$\frac{2,3 \pm 0,2}{100}$	$\frac{5,6 \pm 0,4}{100}$	$\frac{18,0 \pm 1,8}{100}$
60	$\frac{0,4 \pm 0,1}{100}$	$\frac{1,5 \pm 0,2}{125}$	$\frac{3,0 \pm 0,3}{130}$	$\frac{4,1 \pm 0,3^*}{73}$	$\frac{9,6 \pm 0,7^*}{53}$
110	$\frac{0,4 \pm 0,1}{100}$	$\frac{1,1 \pm 0,2}{92}$	$\frac{2,3 \pm 0,4}{77}$	$\frac{3,4 \pm 0,5^*}{61}$	$\frac{4,1 \pm 0,4^*}{23}$
<b>Корни</b>					
0	$\frac{0,3 \pm 0,0}{100}$	$\frac{0,7 \pm 0,2}{100}$	$\frac{1,3 \pm 0,1}{100}$	$\frac{2,5 \pm 0,4}{100}$	$\frac{6,3 \pm 0,4}{100}$
60	$\frac{0,3 \pm 0,0}{100}$	$\frac{0,7 \pm 0,1}{100}$	$\frac{1,1 \pm 0,1}{85}$	$\frac{1,7 \pm 0,2}{68}$	$\frac{3,7 \pm 0,3^*}{59}$
110	$\frac{0,3 \pm 0,0}{100}$	$\frac{0,5 \pm 0,1}{71}$	$\frac{0,7 \pm 0,1}{54}$	$\frac{0,7 \pm 0,2^*}{28}$	$\frac{0,8 \pm 0,2^*}{13}$
<b>Метелка</b>					
0	—	—	—	$\frac{0,1 \pm 0,0}{100}$	$\frac{4,8 \pm 0,1}{100}$
60	—	—	—	$\frac{0,3 \pm 0,1}{300}$	$\frac{2,9 \pm 0,4^*}{60}$
110	—	—	—	$\frac{0,04 \pm 0,0^*}{40}$	$\frac{0,4 \pm 0,3^*}{8}$

Однако анализ накопления биомассы растений в динамике показал, что в вариантах 35 мМ NaCl при прогрессирующем и 60 мМ при постоянном засолении в начале воздействия наблюдается тенденция к увеличению биомассы листьев и побега в целом, хотя различия с контролем несущественны ( $t_{\text{теор}}=3,0$ ;  $t_{\text{факт}} = 2,85$ ). С течением времени воздействия постоянного засоления разница между контрольными и опытными растениями становилась более существенной (для варианта 60 мМ. через 21 день, для 110 мМ NaCl — через 14 дней). В варианте 110 мМ NaCl накопление биомассы корней и ассимилирующих органов прекращалось (в последнем случае за счет отмирания листьев нижних ярусов) соответственно через 14 и 21 день от начала засоления. Эти факты свидетельствуют о большей чувствительности вегетативных органов, в первую очередь корней, к относительно высокой засоленности среды. В варианте 60 мМ NaCl рост биомассы вегетативных органов в целом не прекращался, однако значительные признаки угнетения растений отмечались лишь в фазу выметывания. Через 30 дней накопление сухой массы листьев опытных растений при 60 и 110 мМ NaCl в условиях постоянного засоления составляло соответственно 75 и 30 %, стеблей — 53 и 23 % и корней — 59 и 13 % к контролю. Еще больше угнетался рост метелки: при 60 мМ NaCl — на 40, а при 110 мМ — на 92 % к контролю.

В одноименных вариантах прогрессирующего засоления в те же

Сухая биомасса органов кукурузы (г) при прогрессирующем засолении

Концентрация NaCl, мМ	Дни от начала засоления				
	7	13	19	31	37
<b>Листья</b>					
0	$\frac{0,7 \pm 0,1}{100}$	$\frac{0,8 \pm 0,1}{100}$	$\frac{3,3 \pm 0,3}{100}$	$\frac{12,0 \pm 0,8}{100}$	$\frac{16,0 \pm 0,4}{100}$
35	$\frac{0,7 \pm 0,1}{100}$	$\frac{1,0 \pm 0,1}{125}$	$\frac{3,1 \pm 0,2}{94}$	$\frac{10,0 \pm 0,2}{83}$	$\frac{14,0 \pm 1,4^*}{88}$
60	$\frac{0,7 \pm 0,1}{100}$	$\frac{0,8 \pm 0,0}{100}$	$\frac{3,1 \pm 0,1}{94}$	$\frac{9,2 \pm 0,8^*}{77}$	$\frac{7,7 \pm 0,7^*}{50}$
135	$\frac{0,7 \pm 0,1}{100}$	$\frac{0,8 \pm 0,0}{100}$	$\frac{3,1 \pm 0,1}{94}$	$\frac{8,6 \pm 0,8^*}{72}$	$\frac{6,0 \pm 0,1^*}{38}$
<b>Стебель</b>					
0	$\frac{0,4 \pm 0,0}{100}$	$\frac{0,5 \pm 0,0}{100}$	$\frac{1,9 \pm 0,0}{100}$	$\frac{8,4 \pm 0,3}{100}$	$\frac{18,0 \pm 0,3}{100}$
35	$\frac{0,4 \pm 0,0}{100}$	$\frac{0,5 \pm 0,0}{100}$	$\frac{1,8 \pm 0,0}{95}$	$\frac{8,1 \pm 0,9}{96}$	$\frac{18,0 \pm 1,9}{100}$
60	$\frac{0,4 \pm 0,0}{100}$	$\frac{0,5 \pm 0,0}{100}$	$\frac{1,80 \pm 0,0}{95}$	$\frac{7,8 \pm 0,9}{93}$	$\frac{10,0 \pm 0,0^*}{55}$
135	$\frac{0,4 \pm 0,0}{100}$	$\frac{0,5 \pm 0,0}{100}$	$\frac{1,8 \pm 0,0}{95}$	$\frac{5,4 \pm 0,4^*}{64}$	$\frac{5,0 \pm 0,4^*}{28}$
<b>Корни</b>					
0	$\frac{0,5 \pm 0,2}{100}$	$\frac{0,6 \pm 0,0}{100}$	$\frac{1,3 \pm 0,1}{100}$	$\frac{4,3 \pm 0,2}{100}$	$\frac{8,0 \pm 0,4}{100}$
35	$\frac{0,5 \pm 0,2}{100}$	$\frac{0,5 \pm 0,0}{83}$	$\frac{1,3 \pm 0,0}{100}$	$\frac{4,2 \pm 0,3}{98}$	$\frac{7,1 \pm 1,1}{89}$
60	$\frac{0,5 \pm 0,2}{100}$	$\frac{0,5 \pm 0,0}{83}$	$\frac{1,0 \pm 0,0}{77}$	$\frac{3,8 \pm 0,2^*}{88}$	$\frac{4,0 \pm 0,4^*}{59}$
135	$\frac{0,5 \pm 0,2}{100}$	$\frac{0,5 \pm 0,0}{83}$	$\frac{1,0 \pm 0,0}{77}$	$\frac{2,7 \pm 0,1^*}{62}$	$\frac{2,4 \pm 0,1^*}{30}$
<b>Метелка</b>					
0	—	—	—	$\frac{1,4 \pm 0,1}{100}$	$\frac{4,7 \pm 0,6}{100}$
35	—	—	—	$\frac{1,6 \pm 0,5}{114}$	$\frac{5,0 \pm 2,0}{106}$
60	—	—	—	$\frac{1,8 \pm 0,4}{129}$	$\frac{3,0 \pm 0,8}{64}$
135	—	—	—	$\frac{1,1 \pm 0,4}{79}$	$\frac{1,3 \pm 0,3^*}{28}$

сроки определения (31 день от начала засоления) снижение накопления сухой массы проявлялось в меньшей степени. Масса ассимилирующих органов составляла 77 и 72 % корней — 88 и 62 % и стеблей — 93 и 64 % к контролю. Достоверных различий в накоплении сухой массы метелкой в этот срок не выявлено (табл. 5).

С увеличением длительности воздействия до 37 дней разница между контрольными и опытными растениями для варианта 60 мМ NaCl в накоплении биомассы вегетативных органов увеличивалась в среднем на 45—50 %, метелки — на 36 %. В первую очередь это связано со скачкообразным ростом стебля и корней у контрольных растений и замедлением роста биомассы данных органов у опытных растений. Аналогичная картина была получена для варианта 135 мМ NaCl.

Количество корней (числитель, шт.) и суммарная длина придаточных корней (знаменатель, см) на одно растение при прогрессирующем засолении

Концентрация NaCl, мМ	Дни от начала засоления				
	7	13	19	31	37
0	$\frac{9 \pm 1}{160 \pm 15}$	$\frac{15 \pm 1}{160 \pm 12}$	$\frac{15 \pm 2}{230 \pm 21}$	$\frac{28 \pm 2}{390 \pm 13}$	$\frac{35 \pm 2}{490 \pm 14}$
35	$\frac{11 \pm 1^*}{150 \pm 15^*}$	$\frac{10 \pm 0^*}{150 \pm 6}$	$\frac{13 \pm 1}{200 \pm 0}$	$\frac{29 \pm 1}{390 \pm 9}$	$\frac{32 \pm 2}{410 \pm 11^*}$
60	$\frac{11 \pm 1^*}{150 \pm 15^*}$	$\frac{10 \pm 1^*}{150 \pm 20}$	$\frac{13 \pm 1}{220 \pm 14}$	$\frac{27 \pm 0}{330 \pm 39}$	$\frac{35 \pm 0}{340 \pm 14}$
135	$\frac{11 \pm 1^*}{150 \pm 15^*}$	$\frac{10 \pm 1^*}{150 \pm 20}$	$\frac{13 \pm 1}{220 \pm 14}$	$\frac{24 \pm 1}{250 \pm 20^*}$	$\frac{23 \pm 0^*}{260 \pm 47^*}$

Повышение концентрации соли до 135 мМ NaCl привело к значительному снижению массы листьев, стеблей и корней — соответственно на 62, 72 и 70 %, метелки — на 72 % к контролю.

Относительно мягкое повреждающее воздействие при прогрессирующем засолении обусловлено, по-видимому, менее длительной экспозицией повышенных концентраций NaCl и тем, что их действие приходилось на более поздние фазы онтогенеза.

Поскольку корни непосредственно испытывают токсическое действие солей, нами была поставлена задача выявить особенности формирования корневой системы в онтогенезе кукурузы при прогрессирующем засолении, моделирующем условия естественного засоления. Общее количество придаточных корней растений вариантов 35 и 60 мМ NaCl изменялось незначительно по сравнению с контролем, но при этом

уменьшалась их суммарная длина соответственно на 16 и 21 % (табл. 6). В варианте 135 мМ NaCl угнетался не только рост придаточных корней в длину (на 47 %), но и задерживалось их образование (на 35 %).

Уменьшение числа придаточных корней при засолении обусловлено изменением характера закладки корней по ярусам, которое, в свою очередь, определяется концентрацией соли, продолжительностью воздействия засоления и этапа органогенеза.

Анализ распределения придаточных корней по ярусам по мере развития корневой системы выявил относительную стабильность числа корней I—IV ярусов во всех вариантах опыта, включая контроль (табл. 7). Следовательно, первоначальные невысокие дозы NaCl не влияли на количество сформированных корней. Однако появление корней V яруса у опытных растений задерживалось, а в варианте 135 мМ NaCl они вообще не образовались. Это и обусловило

Таблица 7

Распределение придаточных корней по ярусам при прогрессирующем засолении

Ярус	Дни от начала засоления				
	7	13	19	31	37
Контроль					
I	6	7	6	6	6
II	3	5	5	5	5
III	—	3	4	5	5
IV	—	—	—	8	7
V	—	—	—	7	13
35 мМ NaCl					
I	7	4	6	8	7
II	4	4	4	5	5
III	—	2	3	4	5
IV	—	—	—	8	8
V	—	—	—	9	11
60 мМ NaCl					
I	7	6	5	5	8
II	4	4	4	4*	4
III	—	—	4	4	4
IV	—	—	—	6	10
V	—	—	—	8	9
135 мМ NaCl					
I	7	6	5	6	6
II	4	4	4	3*	3
III	—	—	4	4	5
IV	—	—	—	6	8
V	—	—	—	8	0**

Толщина придаточных корней (мм)  
кукурузы при прогрессирующем засолении  
к окончанию опыта

Концентрация NaCl, мМ	Ярус корневой системы				
	I	II	III	IV	V
0	0,9±0,1	1,8±0,	1 3,9±0,6	5,8±0,	3 6,1±0,5
35	0,9±0,1	2,3±0,2	4,0±0,6	5,6±0,2	5,9±0,6
60	0,9±0,0	1,9±0,2	3,4±0,0	5,2±0,1	5,2±0,4
135	0,9±0,0	1,8±0,2	3,0±0,2	4,2±0,4*	0*

высокую существенность различий с контролем ( $P_{\text{факт}} = 57,6$  при  $F_{01}=8,5$ ).

Толщина придаточных корней всех ярусов у опытных растений изменялась несущественно по отношению к контролю, за исключением варианта 135 мМ NaCl, в котором наблюдалось значительное угнетение роста корней IV и V ярусов как в длину, так и в толщину. При этом вклад фактора засоления в изменение толщины корней IV и V ярусов составлял около 70 % (табл. 8). Различия можно считать достоверными ( $P_{\text{факт}} = 7,0$  (IV ярус) и 5,2 (V ярус) при  $F_{05} = 4,7$ ).

Таким образом, изучение формирования корневой системы в условиях прогрессирующего засоления показало заметное угнетение роста придаточных корней при относительно высоких для кукурузы концентрациях 60 и 135 мМ NaCl, что выразилось в уменьшении их числа и суммарной длины. При этом биомасса корней снижалась в основном за счет сокращения общей длины придаточных корней и в меньшей степени за счет редукции их числа. Степень угнетения прироста биомассы органов кукурузы зависела от уровня и способа засоления. Относительное «мягкое» повреждающее воздействие прогрессирующего засоления обусловлено, по-видимому, менее длительной экспозицией и большим возрастом растений.

Полученные в наших исследованиях данные об изменении массы органов опытных растений при постоянном и прогрессирующем засолении позволяют сделать предположение, что солеустойчивость кукурузы и ее адаптационные возможности не изменяются в зависимости от способа внесения соли. Следовательно, решение проблемы использования засоленных вод для полива сельскохозяйственных культур будет во многом зависеть от результатов поиска оптимальных соотношений между уровнями концентраций NaCl в поливной воде и длительностью полива.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А. А., Куперман Ф. М. Физиология кукурузы. — М.: Изд-во МГУ, 1959. — 2. Бойко Л. А. Физиология корневой системы растений в условиях засоления. — Л.: Наука, 1969. — 3. Генкель П. А., Соловьев В. А. Накопление и распределение в растениях тиквы натрия и калия при засолении субстрата хлористым и сернокислым натрием. — Физиол. раст., 1968, т. 15, вып. 3, с. 521—529. — 4. Захарин А. А. О некоторых особенностях солевого обмена гликофитов при засолении среды. — Агротехника, 1980, № 8, с. 139—152. — 5. Иванова О. А. Накопление засоряющих ионов у кукурузы при разных уровнях засоления. — Бюл. ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова, вып. 3, с. 29—31. —
6. Ионина Ж., Петров-Спиридов А. Е. Биометрические показатели и осмотический потенциал органов растений в условиях хлоридного засоления. — Изв. ТСХА, 1985, вып. 3, с. 120—125. —
7. Лапина Л. П. Осмотическое и токсическое действие солей на растения. — Автореф. канд. дис. М., 1967. — 8. Семушина Л. А. Коррелятивная зависимость урожая от формирования и развития некоторых морфологических признаков у ячменя в условиях пресного и засоленного фона. — Тр. по прикладной бот., генет. и селекции, 1979, т. 64, вып. 3, с. 101—103. — 9. Соловьев В. А. Недостаток элементов минерального питания как одна из причин угнетения роста растений при засолении субстрата. — В кн.: Вопр. солеустой-

чивости растений. Ташкент: ФАН, 1973, с. 49—57. — **10.** Строгонов Б. П. и др. Структура и функция клеток при засолении / Под ред. Строгонова Б. П. — М.: Наука, 1970. — **11.** Удовенко Г. В. Солеустойчивость культурных растений. — Л.: Колос, 1977. — **12.** Dreier W., Goring H. — *Wiss. Z. Humboldt Univ., Berlin Math.-naturwiss R.*, 1974, 23, N 6, p. 641—644. — **13.** Greenway H., Munns R. — *Ann. Rev. Pl. Phys.*, 1980, vol. 31, p. 149—190. **14.** Johnson C. M., Stout P. R., Broeyer T. G. a. o. — *Plant a. Soil*, 1957, p. 337—353. — **15.** Lauchi A., Epstein E. — *Calif. Agr.*, 1984, vol. 38, N 10,

p. 18—20. — **16.** Maas E. V., Hoffman G. J., Chabala L. A., *Irrigat. Sci.*, 1983, vol. 4, N 1, p. 45—57. — **17.** Nulsen R. H., Thurtell G. W. — *Aust. J. Plant Physiol.*, 1980, vol. 7, N 1, p. 27—34. — **18.** Patel J. A., Vora A. P. — *J. Exp. Bot.*, 1985, vol. 36, N 162, p. 49—54. — **19.** Poljakoff-Mayber A. — *Biosaline Reseach Plenum*, 1982, vol. 23. N.-Y., p. 245—269. — **20.** Schwarz ЛЦ Gale J. — *J. Exp. Bot.*, 1984, vol. 3aJ N 151, p. 193—196. — **21.** Waldron L. J., Terry N., Nemson J. A. — *Plant cell; a. Environ.*, 1985, vol. 8, N 3, p. 207—211.

Статья поступила 8 июня 1987 г.

## SUMMARY

The effect of stable and increasing chloride salinization (concentration — 35—135 mmoles) on biometric characteristics of KVS-701 maize hybrid plants has been studied. Growth suppression, accumulation of root, stem, leaf and panicle biomass are higher at stable salinization than at increasing one. At the same time, higher concentration and longer effect of increasing salinization allowed to reveal adaptive potentialities of maize plants. At final concentrations the effect of sodium chloride was close to that at stable salinization. At increasing salinization the number and total length of additional roots decreased, their thickness did not change much. Lower root biomass was mainly due to reduction of total length of additional roots and less — to their lower number.