

УДК 633.15:581.132(672.4)

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КУКУРУЗЫ В ТРОПИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Е.В. МАМОНОВ

(Кафедра селекции и семеноводства овощных, плодовых и декоративных культур)

Проведены исследования по влиянию минеральных удобрений на показатели фотосинтетической деятельности посевов кукурузы в условиях тропической Африки (динамика роста, формирование ассимиляционной поверхности листьев, фотосинтетический потенциал, продуктивность работы листьев, чистая продуктивность фотосинтеза, КПД ФАР). Показана ведущая роль азотных удобрений в формировании продуктивного агроценоза. Комплексное применение макроудобрений на фоне известкования и предпосевная обработка семян цинксодержащими соединениями повышает коэффициент продуктивности фотосинтеза до 2,03%, при 0,56% на контроле.

Вопросы минерального питания растений широко освещены в литературе, подробно описано влияние режимов питания на их анатомо-морфологические и физиолого-биохимические признаки, а также конечную продуктивность и качество урожая [4, 5, 6, 7]. Достаточно изучена роль микроэлементов в формировании урожая [1, 8].

При оптимизации пищевого режима культивируемых растений только за счет правильного применения минеральных удобрений средняя урожайность повышается до 30%. При этом основную роль играют азотные удобрения, хотя ограничивающим величину и качество урожая может выступать и любой другой фактор. У растений кукурузы при внесении 170 кг/га азота повышается КПД фотосинтеза до 1%, т. е. в 2 раза по сравнению с контролем без внесения азотсодержащих удобрений. Энергетические запасы в

дополнительном урожае зерна повысили затраты энергии на внесение удобрений примерно в 9 раз при дозе N_{56} и в 6 раз — при N_{224} [2].

В настоящей работе представлены результаты исследований влияния известкования, макро- и микроудобрений на рост, динамику формирования листовой поверхности и продуктивность фотосинтеза кукурузы в тропических условиях.

Методика

Опыт проведен в условиях кустарниковой саванны Центральной Африки. Почва участка кварцево-ферраллитная, бесструктурная, песчаная, бедная элементами минерального питания. Содержание органического вещества 1,3%, соотношение C:N в среднем 11,3. Реакция почвенной среды кислая, $pH_{\text{СОЛ}}$ 4,3, содержание подвижных форм Ca, Mg, K, Na в ацетатно-аммонийной вытяжке соответственно

0,09, 0,14, 0,04, 0,02 мгэкв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями 6,25%. Обеспеченность легкогидролизуемым азотом 0,5, обменным калием и подвижным фосфором (в вытяжке по Кирсанову) 16—20 и 6—10 мг/100 г почвы, содержание подвижного цинка в ацетатно-аммонийной вытяжке очень низкое (следы).

В качестве материала для исследования использовали сорт кукурузы местной селекции Янгамби блан ЗМ-76. Посев кукурузы проводили в начале дождливого сезона по схеме 70 x 50 см. Схема опыта: 1) контроль — без известкования и удобрений; 2) известкование — Ca; 3) Ca+N; 4) Ca+P; 5) Ca+K; 6) NPK; 7) Ca+NPK; 8) Ca+NPK+Zn.

При подготовке почвы вносили известь из расчета 4,0 т/га и минеральные удобрения (кг д.в./га): аммиачную селитру N_{120} , простой суперфосфат P_{80} , калийную соль $K_{ш}$, сульфат магния Mg_{50} , сульфат цинка Zn_5 . Все удобрения вносили однократно — известь и суперфосфат под вспашку, аммиачную селитру, калийную соль, сульфат магния и сульфат цинка — под культивацию. Уход за растениями заключался в борьбе с сорняками и рыхлении междурядий.

В динамике роста и развития растений проводили биометрические и фенологические наблюдения. Площадь листьев определяли на фотопланиметре, чистую продуктивность фотосинтеза и фотосинтетический потенциал рассчитывали по общепринятой методике [3]. Количество солнечной энергии, приходящейся на единицу поверхности в зоне исследований, определяли с помощью пиранометра Линке. При расчете валовой энергии исходили из того, что в 1 кг абсолютно сухого вещества аккумулируется 4200 ккал.

Результаты

Различные режимы минерального питания на фоне известкования и без него оказывают существенное влияние на динамику роста кукурузы (рис. 1). Отмечены три уровня интенсивности роста в зависимости от внесенных удобрений и известкования: 1 — слабая, при низкой обеспеченности растений питательными элементами (контроль) их высота не достигала 200 см; 2 — средняя, внесение извести и фосфорно-калийных удобрений по известкованному фону стимулирует рост, высота растений 210-230 см; 3 — сильная, внесение на фоне известкования азота, полного минерального удобрения, высота растений — 280-300 см и полного минерального удобрения + цинк, максимальная высота растений — 310 см.

Продуктивность и экологическая устойчивость агроценоза в значительной степени зависят от динамики формирования фотосинтетического аппарата, его физиологи-

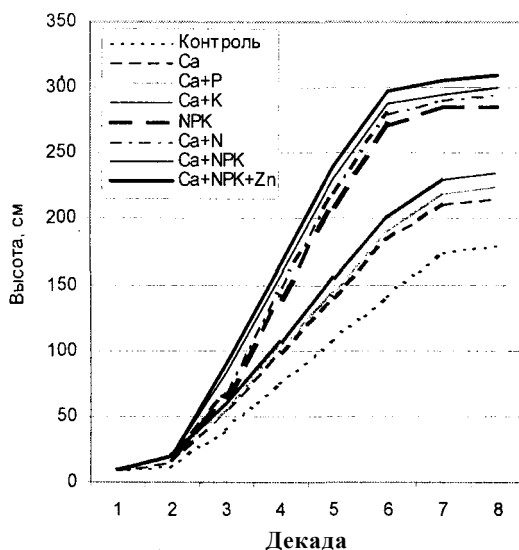


Рис. 1. Динамика роста кукурузы на разном агрофоне

ческой и энергетической активности в течение вегетационного периода. Важная роль в формировании фотосинтетического аппарата принадлежит фактору обеспеченности почвы доступными для растений питательными элементами.

Листовая поверхность кукурузы формировалась по нарастающей до середины 6-й декады. Более интенсивно в вариантах с удобрениями и значительно медленнее в контроле. В этот период растения перешли из фазы появления метелок в фазу цветения. Растения первой группы роста выбросили метелку раньше и зацвела она на 6 дней раньше контрольных. На фоне известкования при внесении полного минерального удобрения (Ca+NPK) и (Ca + NPK+Zn) — через 55 дней после всходов; при внесении по извести азота (Ca+N) — на 56-й день; при внесении NPK без извести, фосфора и калия по известкованному фону (Ca+P) и (Ca+K) — на 57-й; на контроле, без удобрений — через 61 день после появления полных всходов (рис. 2).

Недостаток минерального питания в контроле и при известкова-

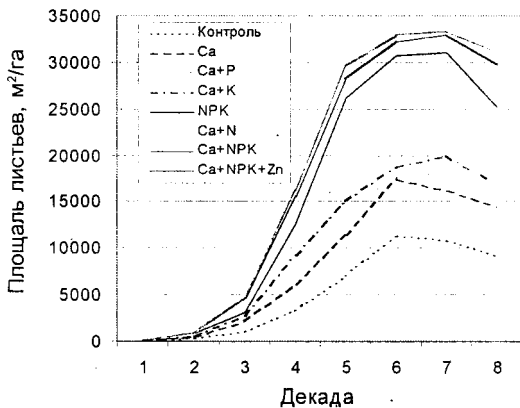


Рис. 2. Динамика формирования листовой поверхности кукурузы на разном агрофоне

нии без внесения удобрений отражается на общей площади листовой поверхности, максимальные показатели которой отмечены в возрасте 55 дней (появление метелки) — соответственно 11300 и 17500 м²/га. В дальнейшем начинается усыхание растений и площадь листьев постепенно убывает.

В удобренных вариантах усыхание растений и сокращение рабочей листовой поверхности началось почти на 10 дней позже, в фазу цветения метелок. При внесении фосфора и калия период нарастания ассимиляционной поверхности продлился до 65 дней, но величина ее ненамного превысила площадь листовой поверхности на известковом фоне и составила 18000 и 20000 м²/га. В то же время площадь листовой поверхности у растений во всех азотсодержащих вариантах увеличилась до 31000-33300 м²/га в возрасте 55 дней, что в 3 раза больше, чем в контроле, и почти в 2 раза — по сравнению с известковым фоном. Усыхание листьев в этих вариантах начинается только через 10-15 дней. Существенный физиологический эффект действия удобрений проявился не только в увеличении площади листьев, но и в большей продолжительности их ассимиляционной активности в течение вегетации.

Устойчивая высокая продуктивность сорта зависит в первую очередь от создания высокопроизводительной фотосинтезирующей поверхности посева, а именно поддержания оптимального значения индекса листовой поверхности (ИЛП) и высокого КПД фотосинтеза в течение всей вегетации в сочетании с наиболее благоприятными условиями среды.

Начальный период вегетации кукурузы (первые 15 дней) характеризуется невысокими значениями

ИЛП, но уже с этого возраста у растений, выращиваемых в вариантах с внесением полного минерального удобрения на фоне известкования он был почти в 2 раза выше по сравнению с контролем и при внесении только извести (табл. 1). У растений, выращиваемых в вариантах с низким уровнем минерального питания, максимальное значение ИЛП отмечено в возрасте 55 дней. В посевах с несбалансированным минеральным питанием (Ca + P, Ca + K) ИЛП составил около 2,000 м²/м². Только внесение по известкованному фону азота, находящегося в первом минимуме, и полного минерального удобрения создает оптимальные в этой климатической зоне условия для раскрытия адаптивного потенциала растений. ИЛП посевов кукурузы в этих вариантах достиг 3,200-3,300 м²/м² и оставался на этом уровне до 65 дней вегетации.

Фотосинтетический потенциал (ФП) сорта тесно коррелирует как с биологической, так и с хозяйственной продуктивностью и в значительной степени зависит от уровня минерального питания. За 85 дней вегетации растений наибольший ФП сформировался на посевах кукурузы, возделываемых в условиях полного сбалансированного минерального питания на фоне известкования

и составил 1,676-1,738 млн м²-дн./га. Это почти в 4 раза выше, чем в контроле без внесения удобрений и извести и более чем в 2 раза — по сравнению с вариантами Ca, Ca + P, Ca + K.

Продуктивность работы листьев (ПРЛ) характеризует эффективность работы ассимиляционного аппарата в формировании биомассы агроценоза. Высокая продуктивность работы листьев отмечена на посевах кукурузы, где вносили по фону извести фосфорные и калийные удобрения. Каждая 1000 единиц фотосинтетического потенциала посева сформировала 5,42 и 5,39 кг сухой массы соответственно. Наименьший показатель ПРЛ отмечен при внесении азотного удобрения на фоне известкования (Ca + N) — 3,74 кг сухой массы/1000 ед. ФП. Создание оптимальных условий для роста и развития растений, внесение лимитирующих азотсодержащих удобрений способствовало снижению нагрузки на единицу листовой поверхности (табл. 2).

Общее содержание сухой массы надземной части кукурузы перед уборкой существенно изменялось в зависимости от минерального питания. Наименьшим оно было в контроле — 2,37 т/га и максимальным — при внесении полного ми-

Т а б л и ц а 1

Индекс листовой поверхности кукурузы на разных агрофонах, м²/м²
(1978-1980 гг.)

Вариант	Период вегетации, дни							
	5	15	25	35	45	55	65	75
Контроль	0,008	0,040	0,110	0,340	0,710	1,130	1,090	0,920
Ca	0,009	0,049	0,220	0,610	1,140	1,750	1,620	1,450
Ca + N	0,010	0,085	0,410	1,400	2,750	3,200	3,260	2,610
Ca + P	0,009	0,050	0,250	0,720	1,420	1,770	1,820	1,500
Ca + K	0,010	0,055	0,270	0,920	1,500	1,870	1,990	1,680
NPК	0,009	0,078	0,310	1,260	2,620	3,070	3,110	2,520
Ca + NPК	0,012	0,092	0,460	1,550	2,820	3,220	3,300	2,970
Ca + NPК + Zn	0,015	0,093	0,480	1,630	2,960	3,300	3,330	3,110

**Фотосинтетическая деятельность посевов кукурузы на разных агрофонах
(1978-1980 гг.)**

Показатель	Конт- роль	Ca	Ca+N	Ca+P	Ca+K	NPK	Ca+ NPK	Ca+NPK+Zn
Площадь листьев, тыс. м ² /га	11,3	17,5	32,6	18,2	19,9	31,1	33,0	33,3
ФП, млн м ² ·дн./га	0,480	0,712	1,542	0,720	0,854	1,385	1,676	1,738
ИЛП, м ² /м ²	1,13	1,75	3,26	1,82	1,99	3,11	3,30	3,33
Сухая масса, т/га:								
общая	2,37	3,50	5,77	3,90	4,60	6,66	7,35	8,62
зерно	0,53	1,48	3,21	1,77	1,79	3,50	3,72	3,95
Энергия ккал/га·10 ⁶ :								
общая	9,95	14,70	24,23	16,38	19,32	27,97	30,86	36,20
зерно	2,23	6,22	13,48	7,43	7,52	14,7	15,62	16,59
ЧПФ, г/м ² ·сут.	2,80	2,67	2,36	2,86	2,89	2,86	2,97	3,45
ПРЛ, кг с.в./тыс. ед.								
ФП	4,94	4,92	3,74	5,42	5,39	4,81	4,39	4,96
КПД ФАР, %:								
общая	0,56	0,83	1,36	0,92	1,08	1,57	1,73	2,03
зерно	0,13	0,35	0,75	0,42	0,42	0,83	0,88	0,93

нерального удобрения по известковому фону — 8,62 т/га. Среднее арифметическое значение показателей сухой массы растений, возделываемых с внесением азотсодержащих удобрений, было в 1,82 раза больше чем при внесении по известности фосфора, в 1,54 раза — калия, в 2,03 раза — при внесении извести без удобрений. Та же тенденция прослеживается и при анализе данных по энергетической ценности.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) представляет собой комплексный параметр, определяемый интенсивностью фотосинтеза и дыхания. На участках с внесением полного минерального удобрения на фоне известкования ЧПФ составила в среднем 3,21 г/м²·сут., что существенно выше, чем в остальных вариантах с несбалансированным минеральным питанием и без внесения удобрений.

Одна из важнейших задач современного научного земледелия состоит в изучении и создании таких аг-

робиотехнологических параметров, при которых происходило бы максимальное аккумулятивное солнечной энергии культурными растениями. Приход физиологически активной радиации в период вегетации кукурузы в течение дня составил 17,8-22,5 млн ккал/га. Высокой степенью аккумуляции солнечной энергии отличались растения, получающие азотное питание. КПД ФАР у них в пересчете на надземную массу составил 1,36-2,03%. Наибольшим этот показатель был на участках с внесением полного минерального удобрения и цинка на фоне известкования (2,03%). В пересчете на зерно КПД ФАР посевов, возделываемых на участках с внесением полного минерального удобрения по известкованному фону, составил 0,93% при 0,13% в контроле. Доля аккумулятивной солнечной энергии, приходящаяся на зерно, от КПД ФАР валового урожая на посевах без внесения минеральных удобрений составила 23,2%; с вне-

сением извести — 42,2%; с внесением азотных удобрений — 45,8-55,1%.

Выводы

1. На кварцево-ферраллитной песчаной почве Тропической Африки у кукурузы в зависимости от минерального питания прослеживаются три уровня интенсивности роста. Наибольшие приросты (6,25-6,95 см в сутки при 3,25 в контроле) и максимальная высота растений (285—310 см при 180 в контроле) отмечены на участках с внесением азотсодержащих удобрений.

2. Максимальный показатель индекса листовой поверхности отмечен при внесении полного минерального удобрения по известковому фону — 3,33 при 1,13 в контроле.

3. Фотосинтетический потенциал посева кукурузы в значительной степени зависит от использования азотсодержащих удобрений. Внесение азотных удобрений на фоне известкования увеличивает фотосинтетический потенциал до 1,542-1,738 млн м²-дн./га при 0,480 в контроле.

4. Комплексное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений и цинка на фоне известкования приводит к увеличению коэффициента общей про-

дуктивности фотосинтеза посева кукурузы до 2,03% при 0,56% в контроле.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Донос А.И.* Влияние сложных микроудобрений с микроэлементными добавками на продуктивность полевых культур. — Совершенствование перспективного ассортимента микроудобрений. М., 1990, с. 43-44. — 2. *Жученко А.А.* Адаптивное растениеводство. Кишинев, 1990, с. 100-120. — 3. *Ничипорович А.А., Строганова Л.Е., Чмора С.Н., Власова М.П.* Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: АН СССР, 1961. — 4. *Прянишников Д.Н.* Азот в жизни растений и земледелии СССР. М., 1945. — 5. *Рассел Э.* Почвенные условия и рост растений. М., 1955. — 6. *Ратнер Е.М.* Питание растений и применение удобрений. М., 1965. — 7. *Сабинин Д.А.* Физиологические основы питания растений. М., 1955. — 8. *Стулин А.Ф.* Эффективность микроудобрений под кукурузу. — Совершенствование перспективного ассортимента микроудобрений. М., 1990. — 9. *Цеханская Ю.В., Назарова Е.Н.* Азотно-фосфорно-калийное удобрение с бормагнезиевой и цинковой добавками. — Совершенствование перспективного ассортимента микроудобрений. М., 1990.

*Статья поступила
13 октября 2003 г.*

SUMMARY

Research into the mineral fertilizer influence on corn photosynthetic activity indices under tropical african conditions was conducted (the growth dynamics, formation of assimilative leaf surface, photosynthetic potential, leaves' activity productivity, pure efficiency of photosynthesis, FAR efficiency). The leading role of nitric fertilizers was established in forming of productive agrocoenosis. Complex application of macrofertilizers, liming and a presowing treatment of seed with zink containing compounds increase photosynthesis efficiency to 2,03% whereas in test group it's 0,56%.