

УДК 633.15:631.8

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИННОВАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

*В.И. Костин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
тел. +79063924220, bio-kafedra@yandex.ru,  
Н.Н. Камалов, аспирант, тел. +79374576770, Nkamalov@anama-agro.ru,  
Н.В. Смирнова, старший преподаватель,  
тел. +79278190977, bio-kafedra@yandex.ru  
ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА*

**Ключевые слова:** кукуруза, гетероауксин, карбонат аммония, карбамид, интенсивность фотосинтеза, углекислый газ.

*Проведённые исследования показывают, что под влиянием углеродсодержащих удобрений при внекорневой подкормке в конце второго этапа и начале третьего этапа органогенеза происходит увеличение интенсивности фотосинтеза за счёт дополнительного углекислого газа. Он образуется при гидролизе карбоната аммония и карбамида. В результате усиливается продукционный процесс, направленный на повышение продуктивности кукурузы.*

**Введение.** Несмотря на то, что кукуруза не является культурой, имеющей решающее значение в зерновом балансе России, в том числе и в условиях Среднего Поволжья, задачи коренного улучшения белка и повышение урожайности зерна имеют важное принципиальное значение, как для дальнейшего расширения посевных площадей, так и обеспечения качественного корма, особенно для свиней.

Из зерна кукурузы изготавливают более 150 технических и пищевых продуктов: глюкоза, спирт, сироп, хлопья, крахмал, мука, крупа. 31-40 литров спирта получают из 100 кг зерна – это превышает на 3-5 литров количество спирта, чем из зёрен других культур. Из стержней початков производят фурфурол, ксилозу, лигнин, получают бумагу и целлюлозу. С 1 ц зерна на выходе получается 5,3 кг глютеиновой муки и 2,7 кг кукурузного масла, 56 кг крахмала (или 38 л спирта, или 60 кг фруктозы), 2,4 кг корма, содержащего 21% протеина. Ценное пищевое масло добывается из зародышей этого зерна, обладающее целебными свойствами (предотвращает заболевание атеросклерозом и снижает содержание холестерина в крови).

В мире посевами кукурузы занято более 117 млн га. По посевным площадям кукуруза занимает в мировом земледелии второе место сре-

ди культурных растений, уступая только пшенице. В настоящее время она возделывается в 60 странах. Широкое распространение кукурузы по земному шару объясняется тремя причинами: продуктивностью, пластичностью, широким диапазоном использования.

Агротехническая роль кукурузы проявляется в сохранении поля с разрыхлённым грунтом и незасорённым сорняками, а также в возвращении существенной части органики; корней и стеблевых остатков. Только сбор и вывоз с поля зёрен кукурузы является важным этапом в биологизации растениеводства.

Известно, что большинство элементов минерального питания растениями усваивается не полностью, некоторые элементы находятся в неподвижном состоянии, они недоступны для сельскохозяйственных растений. В современных технологиях возделывания различными современными опрыскивателями велика роль внекорневых подкормок. При их использовании растения получают минеральные вещества через листья и стебли в результате опрыскивания растворёнными в воде питательными веществами и регуляторами роста. За счёт внекорневых внесений элементов питания в растворённом виде гарантируется их быстрое и эффективное поглощение листьями растений, а также включение их в метаболические процессы. Это позволяет получать высокий урожай сельскохозяйственных культур, в том числе и кукурузы на зерно.

В последние годы в литературе накапливается научный материал по применению внекорневых подкормок вегетирующих растений, особенно по сахарной свёкле. Установлено прямое действие внекорневой подкормки микроэлементами на прибавку урожайности семян семенных растений.

За счёт внекорневых подкормок происходит усиление процесса образования листьев, увеличение их продолжительности жизни, замедление процессов отмирания, в результате увеличивается и продуктивность сахарной свёклы [1, 2, 3, 4]. Об этом свидетельствуют и наши исследования [5, 6, 7]. По кукурузе подобного рода исследований, особенно в зоне Среднего Поволжья, не проводилось.

Целью исследований являлось изучение влияния предпосевной обработки семян кукурузы на развитие корневой системы и внекорневой подкормки углеродосодержащих удобрений для повышения продукционного процесса и интенсивность фотосинтеза.

**Материалы и методы исследований.** Лабораторные опыты проводились в сосудах ёмкостью на 5 кг почвы. Перед посевом семена обрабатывались  $10^{-4}$  раствором гетероауксина. После формирования

вегетативных органов (листьев) в конце второго этапа органогенеза проводили внекорневую подкормку карбамидом и карбонатом аммония. Полевые опыты проводили на опытном поле Ульяновской ГСХА в трёхкратной повторности. Производственные опыты проводили в ООО «Хузангаевское» Алькеевского района Республики Татарстан только с карбамидом.

Интенсивность фотосинтеза определяли по изменению содержания углерода в листьях.

Количество миллиграммов углерода органического вещества, содержащегося в 1 дм<sup>2</sup> листовой поверхности, рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{(a - b) \cdot K \cdot 0,6 \cdot 100}{S},$$

где  $a$  – количество миллилитров соли Мора, израсходованное на титрование контрольного расхода;  $b$  – количество миллилитров соли Мора, пошедшее на титрование опытного раствора;  $K$  – поправка к титру раствора соли Мора;  $0,6$  – миллиграммы углерода, соответствующие 1 мл точно  $0,2$  н раствора соли Мора;  $S$  – площадь высечек, см<sup>3</sup>.

Схема опыта: 1. Обработка семян водой ( $H_2O$ ); 2.  $H_2O + (NH_4)_2CO_3$  (карбонат аммония) – внекорневая подкормка; 3.  $H_2O + CO(NH_2)_2$  (карбамид) – внекорневая подкормка; 4. Обработка семян гетероауксином; 5. Гетероауксин +  $(NH_4)_2CO_3$  – внекорневая подкормка; 6. Гетероауксин +  $CO(NH_2)_2$  – внекорневая подкормка.

**Результаты исследований и их обсуждение.** На ход фотосинтеза большое влияние оказывают как внутренние факторы, так и внешние условия (интенсивность света, концентрация углекислого газа, уровень снабжения питательными веществами и водой). Для характеристики фотосинтетической деятельности растений пользуются величинами фотосинтеза. Изучение этого показателя имеет очень важное значение для сравнительной физиологической оценки растений и основ управления фотосинтетической продуктивности сельскохозяйственных культур.

Углекислый газ является основным субстратом фотосинтеза, его содержание определяет интенсивность процесса. Установлено, что при концентрации  $CO_2$   $0,03\%$  интенсивность фотосинтеза составляет лишь  $50\%$  от максимальной, которая достигается при  $0,3\%$   $CO_2$ . Это свидетельствует о том, что в эволюции процесс фотосинтеза формировался при большой концентрации  $CO_2$  в атмосфере [8].

Такой ход зависимости продуктивности фотосинтеза от концентрации  $CO_2$  указывает на возможность подкормки растений углеродосо-

держашими удобрениями. При внекорневой подкормке амидный азот мочевины и аммиак карбоната аммония включаются в процессы азотного метаболизма аналогично аспарагину и глутамину.

Помимо этого, карбонат аммония частично разлагается с образованием карбамата аммония. Карбамид гидролизуется под действием уреазы. Углекислый газ, который образуется при гидролизе карбоната аммония и мочевины идёт на нужды фотосинтеза, т.к. кукуруза является  $C_4$  растением. Образовавшийся углекислый газ, который адсорбируется в листьях не уходит в атмосферу, а идёт в цикл Кальвина.

Мы считаем, что применение внекорневых подкормок карбонатом аммония и карбамидом даёт основание полагать, что образующийся углекислый газ при гидролизе этих соединений идёт сразу на карбоксилирование пировиноградной кислоты с образованием щавелевоуксусной кислоты, которая восстанавливается до яблочной кислоты. Данный процесс может протекать интенсивнее, нежели через корневую систему при применении карбоната аммония и мочевины в качестве удобрений.

Мы полагаем, что аммиак, который образуется в результате гидролиза, будет превращаться в аминокислоту при прямом аминировании.

В естественных условиях содержание углекислого газа настолько мало, что может ограничивать возрастание интенсивности фотосинтеза. Следует также учитывать, что в дневные часы содержание  $CO_2$  в воздухе вокруг растений понижается. Из вышесказанного следует, что увеличение содержания  $CO_2$  в воздухе является одним из важных способов повышения интенсивности фотосинтеза и, как следствие, накопление органического вещества растением. Однако в полевых условиях регулирование содержания углекислого газа затруднено. Легче достигается повышение содержания его в закрытом грунте [9]. В этом случае внекорневые подкормки растворимыми углеродосодержащими удобрениями дают хорошие результаты и должны широко применяться. Разные растения неодинаково используют одни и те же концентрации  $CO_2$ . Растения, у которых фотосинтез идёт по « $C_4$ -пути» (кукуруза), как раз обладают более высокой способностью к связыванию  $CO_2$ , и плюс к этому у кукурузы отсутствует фотодыхание. Не исключено, что такой тип метаболизма способствует большей продуктивности.

Результаты исследований показывают, что синтетический фитогормон гетероауксин действует на развитие корневой системы. По-видимому, в результате этого процесса регулируется приток воды и питательных веществ, растения энергичнее прикореняются, усиливаются ростовые процессы.

Лабораторные исследования показали, что под действием гетероауксина масса корней и объём корневой системы увеличиваются, как у 7-ми дневных, так и у 60-ти дневных растений. У семидневных растений масса корней увеличивается от 0,42 до 0,51 г, а объём корневой системы соответственно от 0,24 до 0,46 см<sup>3</sup>. У 60-ти дневных растений – от 1,31 до 1,84 см<sup>3</sup>, соответственно объём корневой системы от 2,4 до 3,8 см<sup>3</sup>.

За счёт увеличения массы корневой системы, мы считаем, увеличивается и ксилемный транспорт, который оказывает влияние на фотосинтетическую деятельность растений.

По нашим данным интенсивность фотосинтеза 15-ти дневных растений увеличивается с 3,9 до 8,3 мг углерода на 1 дм<sup>2</sup> в час; у 30-ти дневных – с 6,1 до 10,8 и 60-ти дневных с 19,8 до 25,7 мг углерода на 1 дм<sup>2</sup> в час.

В полевых опытах урожайность кукурузы на зерно увеличивается на 107,4-114,5% при применении только гетероауксина, а в сочетании с внекорневой подкормкой на 119,7-120,5% при урожайности на контроле 4,82 т/га.

Аналогичная картина наблюдается и в производственных условиях в ООО «Хузангаевское» на площади 1000 га только с обработкой гетероауксином с мочевиной.

Заключение. Таким образом, применение гетероауксина для обработки семян и внекорневой подкормки агрофитоценоза кукурузы целесообразно, так как повышается урожайность, и внекорневая подкормка легко вписывается в технологию возделывания кукурузы на зерно.

#### *Библиографический список*

1. Гаврин, Д.С. Влияние внекорневой подкормки микроудобрениями на урожай и качество семян / Д.С. Гаврин, Н.И. Бартенев, М.В. Кравец // Сахарная свёкла. – 2014. – №4. – С. 30-32.
2. Жердецкий, И.Н. Внекорневая подкормка микроудобрениями и площадь ассимиляционного аппарата / И.Н. Жердецкий // Сахарная свёкла. – 2010. – №5. – С. 30-33.
3. Жердецкий, И.Н. Площадь листовой поверхности на фоне внекорневых подкормок / И.Н. Жердецкий // Сахарная свёкла. – 2010. – №5. – С.30-33.
4. Карпук, Л.М. Эффективна ли внекорневая подкормка / Л.М. Карпук // Сахарная свёкла. – 2013. – №4. – С. 15-17.
5. Костин, В.И. Эффективность инновационных факторов в свеклосахарном производстве / В.И. Костин, Т.Ю. Сушкова, С.В. Богданов // Сахарная свёкла. – 2008. – №6. – С. 10-13.

6. Костин, В.И. Внекорневая подкормка и эколого-биохимическая оценка качества корнеплодов / В.И. Костин, О.Г. Музурова, Е.Е. Сяпуков // Сахарная свёкла. – 2013. – №4. – С. 18-21.
7. Костин, В.И. Эффективность нереутилизирующихся микроэлементов в свекло-сахарном производстве / В.И. Костин, В.А. Ошкин // Сахарная свёкла. – 2014. – №2. – С. 40-41.
8. Полевой, В.В. Физиология растений / В.В. Полевой / М.: «Высшая школа», 1989. – 464 с.
9. Якушкина, Н.И. Физиология растений / Н.И. Якушкина / М.: «Просвещение», 1980. – 304 с.

## EFFICIENCY OF INNOVATIVE FACTORS IN CASE OF CULTIVATION OF CORN ON GRAIN

*Kostin V. I., Kamalov N. N., N. V. Smirnova*

**Keywords:** *corn, heteroauxin, ammonium carbonate, carbamide, intensity of photosynthesis, carbon dioxide.*

*The conducted researches show that under the influence of carboniferous fertilizers in case of extra root top dressing at the end of the second stage and the beginning of the third stage of an organogenesis there is an increase in intensity of photosynthesis at the expense of additional carbon dioxide. It is formed in case of hydrolysis of a carbonate of ammonium and a carbamide. As a result the productional process directed to increase in productivity of corn amplifies.*