



Сандухадзе Б.И. – заведующий лабораторией селекции озимой пшеницы Московского НИИСХ «Немчиновка», доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАСХН; e-mail: prietnaya@nemchinowka.ru.

Журавлева Е.В. – заведующая сектором зерновых и зернофуражных культур РАСХН, доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: zhuravla@yandex.ru.

Авторы благодарны региональному директору Международного института питания растений по Югу и Востоку России Носову В.В. за ряд комментариев при подготовке статьи.

## Литература

- Жученко А.А. 2004. Проблемы ресурсосбережения в зерновом хозяйстве. В кн.: Сберегающее земледелие: будущее сельского хозяйства России. Ресурсосберегающие технологии как основа повышения экономики сельскохозяйственных товаропроизводителей. Материалы IV Международной научно-практической конференции. С. 10-14.
- Сандухадзе Б.И., Рыбакова М.И. и Морозова З.А. 2003. Научные основы селекции озимой пшеницы в Нечерноземной зоне России. Москва, РАСХН. 426 с.
- Минеев В.Г. и Павлов А.Н. 1981. Агрохимические основы повышения качества пшеницы. М.: Колос. 288 с.
- Созинов А.А. и Жемела Г.П. 1983. Улучшение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы. М.: Колос. 270 с.
- Журавлева Е.В. 2011. Научное обоснование повышения продуктивности и качества зерна интенсивных сортов озимой пшеницы в земледелии Центрального Нечерноземья: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Москва. 40 с.

## Актуальные вопросы отзывчивости кукурузы на удобрения

Багринцева В.Н., Ивашенко И.Н.

*Показана актуальность внедрения в производство гибридов кукурузы с высокой отзывчивостью на удобрения. Рассмотрена роль корневой системы и фотосинтетического аппарата в усвоении элементов питания, а также отзывчивость растений на удобрения и генетические аспекты минерального питания. Отмечена необходимость дальнейшего углубленного изучения этих вопросов у кукурузы.*

Современные тенденции развития сельскохозяйственного производства диктуют необходимость получения высоких урожаев полевых культур с наименьшими энергетическими затратами. Минеральные удобрения - наиболее эффективное, но в тоже время и высокзатратное средство повышения урожайности, особенно в условиях нестабильных цен на продукцию растениеводства. Поэтому применение удобрений должно быть рациональным и обеспечивать максимальное использование растениями элементов питания из удобрений и максимальную окупаемость удобрений прибавкой урожая. Повышение коэффициента использования элементов питания из удобрений – одна из важнейших задач агрохимии.

Высокую окупаемость удобрений может обеспечить только выращивание сортов и гибридов с высокой отзывчивостью на повышение уровня минерального питания, способных накапливать на единицу д.в. удобрения большое количество органического вещества и давать высокие прибавки урожая. На необходимость использования в современном сельскохозяйственном производстве высокоотзывчивых на удобрения сортов и гибри-

дов сельскохозяйственных культур указывают Д.П. Алейнов (2009) и В.А. Драгавцев (2009).

Целесообразность внедрения в производство гибридов кукурузы, способных продуктивно использовать удобрения и обеспечивать более высокие показатели их экономической эффективности, показана в наших исследованиях (Багринцева и Сухоярская, 2009 и 2011; Сухоярская, 2009). Следует отметить, что авторы провели оценку отзывчивости гибридов кукурузы на удобрения на этапе их внедрения в производство.

На генетическую специфику отзывчивости на удобрения сортов и гибридов полевых культур, а также на необходимость и возможность целенаправленной селекции на высокую окупаемость удобрений указывал еще Н.И. Вавилов (1985). Однако и в настоящее время при создании гибридов кукурузы селекционерами не ведется оценка и отбор селекционного материала на интенсивное использование растениями азота, фосфора и калия из удобрений, устойчивость к засолению и кислотности почвы. Отбор селекционного материала на одном уровне плодородия почвы по главному хозяй-

ственно полезному показателю – урожайности, а также связанным с этим показателем морфологическим признакам, не позволяет создавать гибриды, ценные в агрохимическом плане. В данном случае гибриды с высокой способностью к поглощению и усвоению элементов минерального питания из удобрений, а также устойчивые к стресс-факторам корневого питания могут быть получены совершенно случайно.

К сожалению, теоретические и методологические аспекты создания агрохимически эффективных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, в том числе и кукурузы, сформулированные более 20-ти лет назад Э.Л. Климашевским (1991), до сих пор не взяты на вооружение селекционерами. Тем не менее, этим талантливым ученым были четко определены научные задачи в области агрохимических, физиологических и генетических исследований генофонда растений, на основе которых возможно создание моделей сортов и гибридов с заданными параметрами минерального питания и фотосинтеза.

Э.Л. Климашевский в ходе собственных исследований, в дополнение к исследованиям других отечественных и зарубежных ученых, показал генотипическую вариабельность отзывчивости сортов и гибридов кукурузы на удобрения. Изучая 39 сортообразцов кукурузы, он с соавторами выявил сорта и гибриды, превосходящие по урожаю на удобренных фонах районированные сорта и гибриды. Были установлены различия между сортами и гибридами по реакции на высокое содержание в почве ионов  $Al^{3+}$  и  $H^+$ . Исследованиями ученого еще в 1957-1961 гг. показано, что специфичность в отношении степени отзывчивости на удобрения обусловлена, в значительной степени, принадлежностью генотипа к подвиду кукурузы. Так, более отзывчивыми на азот были сорта кремнистой кукурузы. Высокую отзывчивость на фосфор проявляли сорта зубовидной и рисовой кукурузы, низкую – сорта кремнистой и сахарной кукурузы. Однако и внутри подвидов была выявлена генотипическая специфика сортов и гибридов. Также установлено, что разные сорта и гибриды специфично реагируют на внесение разных форм азотных удобрений (Климашевский, 1960 и 1962). На трех типах почв было показано, что отдельные сорта кукурузы более отзывчивы на обработку семян микроэлементами. Выявлены большие различия в реакции сортов и гибридов кукурузы на кислотность почвенного раствора и известкование (Климашевский, 1960, 1962, 1963 и 1966; Климашевский и Бернадская, 1973).

Исследователем установлено, что эффект гетерозиса кукурузы по урожаю зерна может опускаться до нулевой отметки, если условия корневого питания не соответствуют биологическим особенностям гибрида (Климашевский, 1990). Особенно велико падение гетерозиса в случае плохой устойчивости генотипа к стрессовым ситуациям в зоне корней. Показано, что на дерново-подзолистых почвах эффективность минеральных удобрений в сильной степени зависит от генетически обуслов-

ленной толерантности сортов и гибридов кукурузы к повышенной кислотности почвенного раствора.

Специфическую реакцию сортов и гибридов кукурузы на удобрения, устойчивость к действию вредных солей и ионов в почвенном растворе Э.Л. Климашевский связывает с биологическими особенностями генотипа, полученными по наследству от родительских линий. Он считает, что взаимодействие сорта (гибрида) и удобрения специфично проявляется и определяется ростовой и генетически обусловленной активностью поглощающих органов растений, в первую очередь, функциональной активностью поглощающих клеток корня. Установлено, что поступление радиоактивных изотопов азота и фосфора в корневую систему и затем в надземную часть растений более интенсивно происходит у гибридов с высокой отзывчивостью на удобрения. Доказано, что именно интенсивность физиологической работы корней ответственна за степень отзывчивости генотипа на минеральное питание.

Высокая отзывчивость растений кукурузы не всегда связана с мощностью развития корней. Более существенную роль играет физиологическая активность корневой системы. Известно, что покровная ткань корня в процессе роста дифференцируется на безволосковые клетки (синбласты) и клетки, образующие корневые волоски (трихобласты). Главную роль в поглощении питательных веществ растениями играют корневые волоски корневых систем. В опытах Э.Л. Климашевского с соавторами установлено, что у отзывчивых на удобрения гибридов кукурузы число волосков на поверхности корней больше, чем у слабоотзывчивых гибридов. Генетически обусловленные различия в поглощении растениями фосфора определяются не только наличием корневых волосков, но и продолжительностью их жизни. Характер поглощения элементов питания клетками корня определяется также активностью ферментов.

Ученый, изучая гибриды и инбредные линии кукурузы в условиях нормальной обеспеченности элементами питания и при их дефиците в растворе, выяснил, что гибридные растения поглощают азота и фосфора на 20% больше по сравнению с линиями. В связи с этим он считает, что эффект гетерозиса – мощный фактор не только повышения продуктивности растений кукурузы, но и эффективного использования элементов питания из почвы и удобрений.

Существенная роль в познании эффекта отзывчивости растений на уровень минерального питания принадлежит донорно-акцепторным отношениям в системах лист – корень и корень – репродуктивный орган, но при этом не следует забывать и о работе другого механизма отзывчивости – фотосинтетического аппарата растений. Хотя у более урожайных сортов и гибридов кукурузы площадь листьев обычно развита лучше, по мнению исследователя, повышение эффективности фотосинтетических процессов является наиболее перспективным резервом для достижения высо-



кой отзывчивости на удобрения. Сравнивая сорта кукурузы, Н.Ф. Чернышева и Э.Л. Климашевский (1979) пришли к выводу, что продуктивность существенно зависит от скорости оттока ассимилятов из листьев в репродуктивные органы. Сорта различались по транспорту меченого  $^{14}\text{C}$ -углерода из листьев в початок. Сорта, у которых растения отличались более активным оттоком  $^{14}\text{C}$ -ассимилятов из листьев к корням, характеризовались повышенной отзывчивостью на удобрения.

Э.Л. Климашевский считает, что необходим поиск путей увеличения урожайности кукурузы не за счет увеличения площади ассимилирующей поверхности, а за счет поиска форм-доноров с высокой физиологической активностью фотосинтетического аппарата. При изучении потомства индивидуально отобранных растений внутри сорта кукурузы в условиях оптимальной обеспеченности элементами питания и влагой в соавторстве с Н.Н. Чумаковским (Климашевский и Чумаковский, 1986) было установлено, что растения после отбора имеют более высокую скорость синтеза органического вещества и оттока ассимилятов из листьев к корням.

Направление в агрохимии, названное Э.Л. Климашевским генетикой минерального питания, ученый считал теоретической основой направленного создания сортов и гибридов энергетически рационального типа. Агрохимически эффективные гибриды кукурузы он считал биологической основой энергосберегающих технологий возделывания в растениеводстве.

Таким образом, накопленный экспериментальный материал свидетельствует о необходимости генетического контроля специфических параметров минерального питания. Углубленного изучения этого вопроса отечественной наукой практически не проводится, но имеются некоторые данные по кукурузе у зарубежных авторов. Так, Р.Н. Harvey (1939) установил, что неодинаковая способность инбредных линий кукурузы реагировать на азот обусловлена различиями в их генетической структуре. Генетическая структура, управляющая азотным питанием, устойчиво наследуется гибридами от ис-

ходных родительских линий в отношении лучшего усвоения  $\text{NH}_4^{4+}$  или  $\text{NO}_3^-$ .

В связи с этим, как считал Э.Л. Климашевский, необходимо углубить исследования в области генетики корневых систем, изучения физиологических механизмов генотипической специфики минерального питания гибридов и линий кукурузы, выявления естественного и индуцированного полиморфизма в отношении поглощения элементов питания и устойчивости к токсичным ионам с целью использования данных сведений в селекционном процессе. Энергетически прогрессивное земледелие – это, помимо рациональных технологических приемов, созданные на основе слияния агрохимии, физиологии и генетики агрохимически эффективные гибриды с высокой отзывчивостью на удобрения и устойчивые к почвенным стресс-факторам.

*Багринцева В.Н. – заведующая отделом технологии возделывания кукурузы, доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: maize-techno@mail.ru.*

*Ивашенко И.Н. – заведующий сектором агрохимии отдела технологии возделывания кукурузы, кандидат сельскохозяйственных наук; e-mail: ivan-grass@mail.ru. ВНИИ кукурузы (г. Пятигорск).*

## Литература

- Алейнов Д.П. 2009. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 1: 6-11.
- Драгавцев В.А. 2009. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 3: 26-27.
- Багринцева В.Н. и Сухоярская Г.Н. 2009. Агрохимия, 4: 38-42.
- Сухоярская Г.Н. 2009. Продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости при применении удобрений на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. н. Рассвет. 23 с.
- Багринцева В.Н. и Сухоярская Г.Н. 2011. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 5: 10-12.
- Вавилов Н.И. 1985. Избранные труды. Т. 5. Наука, Москва – Ленинград. 785 с.
- Климашевский Э.Л. 1991. Генетический аспект минерального питания растений. Агропромиздат, Москва. 415 с.
- Климашевский Э.Л. 1960. Влияние реакции среды на развитие и рост кукурузы. Тр. УралНИИСХоза. Вып. Растениеводство. Т. 2. Свердловск. С. 125.
- Климашевский Э.Л. 1962. Развитие и рост кукурузы в зависимости от условий среды и сорта. Записки Свердловского отделения ВБО. Т. 2. Свердловск. С. 75.
- Климашевский Э.Л. и Бернадская М.Л. 1973. Физиология и биохимия культурных растений, 1 (5): 26.
- Климашевский Э.Л. 1963. Физиология растений, 6 (10): 708.
- Климашевский Э.Л. 1966. Агрохимия, 4: 88.
- Климашевский Э.Л. 1990. Агрохимия, 1: 131-148.
- Чернышева Н.Ф. и Климашевский Э.Л. 1979. Агрохимия, 6: 57-66.
- Климашевский Э.Л. и Чумаковский Н.Н. 1986. Вестник сельскохозяйственной науки, 3: 71-77.
- Harvey P.H. 1939. Genetics, 24: 150-168.

