

лучшие показатели по экономической эффективности применения удобрений: рентабельность увеличилась на 27%, а рост чистого дохода составил 7974 руб./га, при этом себестоимость продукции снизилась на 70 руб. с 1 т зерна (табл. 2).

В опыте с кукурузой на зерно в Белгородской области максимальная урожайность (9.1 т/га) была достигнута в варианте с внесением 280 кг K_2O /га. При этом прибавка урожая от калия составила 0.9 т/га или 12% относительно варианта с внесением только азотных и фосфорных удобрений (табл.5).

Таким образом, каждый внесенный килограмм K_2O обеспечил получение дополнительных 3 кг зерна кукурузы. При этой же дозе калийных удобрений были достигнуты лучшие показатели по экономической эффективности применения удобрений: рентабельность увеличилась на 10%, а рост чистого дохода составил 3300 руб./га, при этом себестоимость продукции снизилась на 100 руб. с 1 т зерна (табл. 2).

Обобщая первые результаты опытов с сахарной свеклой и кукурузой на зерно, можно сделать практический вывод о том, что полученное значимое увеличение урожайности во всех вариантах с внесением калийных удобрений по сравнению с фоном (NP), свидетельствует о значительном недоборе урожая при невнесении калийных удобрений даже на почвах с повышенной и высокой обеспеченностью калием.

Иванова С.Е.- кандидат биологических наук, вице-президент Международного Института Питания Растений по Восточной Европе, Центральной Азии и Ближнему Востоку. e-mail: sivanova@ipni.net.

В.А. Романенков - доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский НИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а. e-mail: viua@online.ru

Никитина Любовь Васильевна - Всероссийский НИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а. e-mail: viua@online.ru

Литература

Сычев В.Г., Шафран С.А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. М: ВНИИА, 2013. - 296 с.

С.Е. Иванова - к.б.н., вице-президент Международного Института Питания Растений в Восточной Европе, Центральной Азии и Ближнему Востоку.

В.А. Романенков - д.б.н., ведущий научный сотрудник НИИА имени Д.Н. Прянишникова

Л.В. Никитина - к.б.н., ведущий научный сотрудник НИИА имени Д.Н. Прянишникова

Оптимизация минерального питания кукурузы и сои на черноземе обыкновенном карбонатном в Ростовской области

Носов В.В., Бирюкова О.А., Купров А.В. и Божков Д.В.

Рассмотрены результаты стационарного опыта в севообороте кукуруза – соя, а также краткосрочных опытов с кукурузой, проведенных в 2011-13 гг. в Ростовской области. Согласно полученным результатам, экологическая интенсификация способствует росту урожайности кукурузы и сои, а также повышению качества сои по сравнению со сложившейся практикой применения минеральных удобрений в хозяйствах. В статье обоснована экономическая целесообразность применения фосфорных и калийных удобрений под кукурузу в современных условиях.

Экологической интенсификации – повышению продуктивности сельскохозяйственных культур без причинения какого-либо ущерба агроэкосистемам – отводится важная роль в дальнейшем обеспечении глобальной продовольственной безопасности (Cassman, 1999). Экологическая интенсификация подразумевает использование современных достижений в том числе и в области минерального питания растений. Поэтому при совершенствовании агротехнологий вопросам почвенного плодородия должно уделяться самое серьезное внимание. В этой связи Международный институт питания растений проводит Глобальный проект по кукурузе, направленный на разработку агротехнологий возделывания кукурузы, удовлетворяющих критериям экологической интенсификации (Murrell, 2012). Исследования

одновременно проводятся в США, Аргентине, Бразилии, Китае, Индии, Мексике, Колумбии и Кении.



Соя в стационарном опыте (3 августа 2011 г.).

Слева направо: В.В. Носов, А.В. Купров и О.А. Бирюкова.

В России полевые опыты были начаты в 2011 г. в сотрудничестве с Южным федеральным университетом, а также Целинским ГСУ, где был заложен стационарный полевой опыт в севообороте кукуруза – соя. Опыт повторяется в пространстве и ежегодно включает два экспериментальных участка (под кукурузой и соей). Предшественником в 2010 г. была озимая пшеница. В опыте сравниваются две системы применения удобрений, а именно: практика хозяйств, то есть средние дозы минеральных удобрений, применяемые в хозяйствах региона, и экологическая интенсификация. Кроме того, изучается действие азотных удобрений при использовании данных агротехнологий. Варианты опыта для кукурузы (гибрид Фурио) были следующими:

- 1) N9P40 под предпосевную культивацию;
- 2) N30P40 под предпосевную культивацию (практика хозяйств);
- 3) N17P70K40, включая N12P50K20 под предпосевную культивацию и N5P20K20 при посеве (2 см сбоку семян);
- 4) N85P70K40, включая N50P50K20 под предпосевную культивацию, N5P20K20 при посеве и N30 в между-рядную подкормку в стадию 3-5 листьев (экологическая интенсификация).

В вариантах 3 и 4 проводилось опудривание семян кукурузы сульфатом цинка, поскольку, по данным ГЦАС «Ростовский» (Назаренко и др., 2011), почвы Целинского района имеют низкую обеспеченность подвижным цинком.

Для сои (сорт Донская 9) изучались следующие варианты с внесением удобрений под культивацию: 1) N9P40 (практика хозяйств); 2) N20P40; 3) N10P45K30; 4) N30P45K30 (экологическая интенсификация). В вариантах 3 и 4 в первый год выращивания сои проводилась инокуляция семян ризоторфином и обработка молибдатом аммония, а в последующие годы – только обработка молибдатом аммония.

Однолетние опыты на кукурузе также проводились в течение 3-х лет: в 2011 г. – на Целинском ГСУ, а в 2012 и 2013 гг. – в СПК «Целинский». Предшественник – озимая пшеница. Цель опытов – изучение отзывчивости кукурузы на применение азотных, фосфорных и калийных удобрений. Схема опытов была следующей: 1) контроль (без удобрений); 2) N30P40 (практика хозяйств); 3) N100P80K60; 4) N18P80K60; 5) N100K60; 6) N100P80. В данных опытах применялись повышенные дозы минеральных удобрений по сравнению со стационарным опытом. Удобрения вносились под предпосевную культивацию. В вариантах 3-6 проводилась обработка семян цинком. Как и в стационарном опыте, внесение азотных удобрений полностью не исключалось, поскольку в качестве

Таблица 1. Исходная агрохимическая характеристика чернозема обыкновенного карбонатного*.

Показатели	Стационарный опыт**	Однолетние опыты
Гумус (2011 г.), %	2.94	3.22
pH (H ₂ O)	7.90	7.68 - 7.85
N-NH ₄ , мг/кг почвы	20.0	14.3 - 18.9
N-NO ₃ , мг/кг почвы	14.2	11.8 - 15.9
Подвижный P (по Мачигину), мг P ₂ O ₅ /кг почвы	21.9	22.0 - 24.4
Подвижный P (по Олсену), мг P ₂ O ₅ /кг почвы	37.0	36.8 - 40.0
Подвижный K (по Мачигину), мг K ₂ O/кг почвы	312	306 - 332
Обменный K (по Масловой), мг K ₂ O/кг почвы	463	426 - 452

* Приведены средневзвешенные величины для слоя 0-20 см (исходя из результатов анализа для слоев 0-5, 5-10 и 10-20 см).
** Представлены средние значения для участков под кукурузу и сою перед закладкой опыта в 2011 г.

Таблица 2. Урожайность зерна кукурузы в стационарном опыте (т/га).

Вариант опыта	2011	2012	2013	Среднее	Прибавка от повышения дозы N, %
N ₉ P ₄₀	7.64	6.58	3.96	6.06	-
N ₃₀ P ₄₀	7.98	6.64	4.36	6.33	4
N ₁₇ P ₇₀ K ₄₀ *	8.19	6.86	4.20	6.42	-
N ₈₅ P ₇₀ K ₄₀ *	8.62	7.20	4.65	6.82	6
HCP _{0.05}	0.26	0.07	0.22		

* В данных вариантах проводилась обработка семян цинком.

Таблица 3. Урожайность зерна кукурузы в однолетних опытах (т/га).

Вариант опыта	2011	2012	2013	Среднее
Контроль	7.32	6.50	4.70	6.17
N ₃₀ P ₄₀	7.95	6.83	5.04	6.61
N ₁₈ P ₈₀ K ₆₀ *	8.15	6.77	5.47	6.80
N ₁₀₀ K ₆₀ *	7.79	7.04	5.72	6.85
N ₁₀₀ P ₈₀ *	8.28	7.25	5.84	7.12
N ₁₀₀ P ₈₀ K ₆₀ *	8.83	7.37	5.99	7.40
HCP _{0.05}	0.26	0.09	0.20	

* В данных вариантах проводилась обработка семян цинком.

источника фосфора использовался аммофос. Применялись также аммиачная селитра и хлористый калий. Повторность в опытах – 4-х кратная. Уборку урожая проводили прямым комбайнированием, а расчеты делали по методике, описанной А. Доберманном (Dobermann, 2005).

Почва в опытах – чернозем обыкновенный карбонатный. В табл. 1 представлена его исходная агрохимическая характеристика. Почва в целом имеет щелочную реакцию среды, низкое содержание гумуса и хорошую обеспеченность нитратным азотом (для слоя 0-20 см). Содержание подвижных форм фосфора и калия (по Мачигину) было средним и повышенным соответственно. Определялось также содержание подвижного фосфора по методу Олсена и обменного калия по методу Масловой (Минеев и др., 2001). Если применить группировку обеспеченности почв фосфором, разработанную для метода Олсена в Украине (Христенко и Иванова, 2011), то обеспеченность почвы фосфором следует считать повышен-

Вариант опыта	2011	2012	2013	Среднее	Прибавка от повышения дозы N, %
N ₉ P ₄₀	1.83	1.23	1.70	1.59	-
N ₂₀ P ₄₀	1.89	1.28	1.93	1.70	7
N ₁₀ P ₄₅ K ₃₀ *	2.08	1.47	2.04	1.86	-
N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀ *	2.23	1.52	2.19	1.98	6
НСР _{0.05}	0.11	0.11	0.16		

* В данных вариантах в первый год выращивания сои проводилась инокуляция семян и обработка молибденом, а в последующие годы – только обработка молибденом.

Вариант опыта	Содержание, %**		Сбор, кг/га	
	Белка	Жиры	Белка	Жиры
N ₉ P ₄₀	40.1	18.3	556	248
N ₂₀ P ₄₀	42.4	17.8	629	260
N ₁₀ P ₄₅ K ₃₀ *	43.4	19.2	706	309
N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀ *	45.6	19.2	789	328

* Примечания, как в табл. 4. ** На абсолютно сухое вещество.

ной. Исходное содержание обменного калия во всех опытах было очень высоким.

Наиболее благоприятные погодные условия наблюдались в 2011 г., когда в сумме за июнь-июль выпало 92 мм осадков, согласно данным метеостанции, установленной на стационарном опыте. В 2012 г. этот показатель снизился до 71 мм, а в 2013 – до 39 мм. Соответственно, последний год исследований был наименее благоприятным для роста и развития растений кукурузы, что привело к сильному снижению урожайности (табл. 2, 3). В краткосрочных опытах оно было менее резким по сравнению со стационаром, поскольку в указанном сезоне оправдался более ранний посев кукурузы. Для сои 2013 г. не был таким неблагоприятным, как для кукурузы, в связи с выпадением достаточного количества осадков в августе (49 мм). Для данной культуры наиболее неблагоприятные условия сложились в 2012 г. из-за засушливого августа (25 мм). Соответственно в этом году была получена минимальная урожайность сои (табл. 4).

Как следует из табл. 2, экологическая интенсификация с внесением N85P70K40 под кукурузу способствовала получению 6.82 т/га зерна в среднем за 3 года исследований, что на 8% выше по сравнению с практикой хозяйств (N30P40). В среднем за 2011-13 гг. относительная прибавка урожайности при повышении доз азотных удобрений на двух изученных фонах была невысока и составила 4-6%, что объясняется хорошей обеспеченностью почвы минеральным азотом как перед закладкой опыта, так и в дальнейшем при возделывании кукурузы после сои (данные не представлены).



Кукуруза в стационарном опыте (30 июля 2013 г.). Варианты N30P40 (слева) и N85P70K40 (справа).

В краткосрочных опытах максимальная урожайность зерна кукурузы (7.40 т/га в среднем за 3 года) была получена в варианте с внесением полного минерального удобрения – N100P80K60 (табл. 3). Прибавка урожайности относительно контроля составила в среднем 20%, а по сравнению с практикой хозяйств – 12%. Увеличение дозы азота с 18 до 100 кг/га способствовало росту урожайности на 8-10% по годам исследований. Максимальная прибавка урожайности от фосфора в 13% была получена в наиболее благоприятном 2011 г., когда продуктивность культуры была максимальной. В 2012-13 гг. прибавка урожайности от фосфора составила 5%. Достоверная прибавка урожайности от калия в 7% также наблюдалась только в благоприятном 2011 г. В остальные годы она не превышала 2-3%.

Таким образом, результаты проведенных краткосрочных опытов свидетельствует о том, что применение фосфорных удобрений дает устойчивую и достоверную прибавку урожайности кукурузы на изученной почве. Это во многом соответствует среднему классу обеспеченности почвы подвижным фосфором (по Мачигину). Отзывчивость кукурузы на внесение в почву калийных удобрений наиболее сильно проявляется при формировании урожайности зерна, близкой к 9 т/га. Следовательно, калийснабжающая способность изученной почвы, имеющей повышенную обеспеченность подвижным калием, недостаточна для удовлетворения потребностей растений в калии при высоком уровне продуктивности.

Агрономическая эффективность фосфорных и калийных удобрений (окупаемость прибавкой урожая зерна кукурузы) в среднем за 3 года составила 6.9 и 4.7 кг зерна/кг д.в. соответственно. Это достаточно высокие показатели с учетом применения повышенных доз фосфора и калия в краткосрочных опытах. По нашим оценкам, в текущих экономических условиях порог окупаемости фосфора прибавкой урожая кукурузы составляет порядка 6.4 кг зерна на 1 кг P₂O₅. Для калия этот показатель равен примерно 3.2 кг зерна на 1 кг K₂O. При данном анализе мы исходили из средних цен 4-го квартала 2013 г. на зерно кукурузы и удобрения – аммофос и стандартный хлористый калий (при поставке насыпью и 30-процентной наценке на дистрибуцию).

Экологическая интенсификация с внесением

ем N30P45K30 под сою способствовала получению максимальной урожайности семян – 1.98 т/га в среднем за 3 года исследований (табл. 4), что на 25% выше по сравнению с практикой хозяйств (N9P40). Прибавка урожайности в результате повышения доз азотных удобрений на двух изученных фонах не всегда была достоверной и в среднем за 2011-13 гг. составила 6-7%. Однако увеличение доз азота способствовало существенному повышению содержания белка в семенах сои (в среднем на 2.2-2.3%). При приросте в урожайности семян это обеспечило значительное увеличение сбора белка (табл. 5). Максимальный сбор белка (789 кг/га в среднем за 3 года) был получен в варианте с внесением N30P45K30. Таким образом, результаты 3-х лет исследований свидетельствуют о том, что на черноземе обыкновенном карбонатном в условиях Южной природно-сельскохозяйственной зоны Ростовской области можно считать оправданным внесение азота под сою в дозе 30 кг/га для повышения урожайности и качества продукции.

В заключение следует отметить, что оптимизация минерального питания кукурузы и сои на черноземе обыкновенном карбонатном – это важный фактор повышения продуктивности культур. Согласно полученным результатам, экологическая интенсификация способствует росту урожайности зерна кукурузы на 8%, а семян сои – на 25% по сравнению со сложившейся практикой хозяйств. Кроме того, использование агротехнологий возделывания сои, удовлетворяющих критериям экологической интенсификации, позволяет улучшить качество продукции – повысить содержание белка в семенах. Проведенная оценка экономической эффективности применения фосфорных и калийных удобрений свидетельствует о рентабельном применении повышенных доз фосфора и калия под кукурузу в современных условиях.

Носов В.В. – региональный директор по Югу и Востоку России Международного института питания растений, кандидат биологических наук; e-mail: vnosov@ipni.net.

Бирюкова О.А. – доцент кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета, доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: olga_alexan@mail.ru.

Купров А.В. – директор Целинского ГСУ, кандидат сельскохозяйственных наук.

Божков Д.В. – аспирант кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета.

Литература

- Cassman K.G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 96: 5952-5959.
- Murrell T.S. 2012. Introduction to Ecological Intensification and the Global Maize Project of IPNI. Presentation made at the XIX Congreso Latinoamericano y XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. 16-20 Abril. 2012.
- Назаренко О.Г., Пашиковская Т.Г., Продан В.И. и Чеботникова Е.А. 2011. Нормативы основных показателей плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения Ростовской области. *Рассвет: ГЦАС «Ростовский»*. 68 с.
- Dobermann A. 2005. Procedure for measuring dry matter, nutrient uptake, yield and components of yield in maize. Version 1.1. University of Nebraska-Lincoln. 12 p.
- Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А., Большеева Т.Н. и др. 2001. *Практикум по агрохимии*. М.: Изд-во МГУ. 689 с.
- Христенко А.А. и Иванова С.Е. 2011. Питание растений. *Вестник Международного института питания растений*, 2: 6-9.

Динамика поглощения элементов питания современными гибридами кукурузы

Р.Р. Бендер, Дж.В. Хаегеле, М.Л. Руффо и Ф.Е. Белоу

Достижения в области биотехнологии, селекции и агрономии способствовали росту урожайности кукурузы. Тем не менее, проведено сравнительно мало исследований по разработке систем применения удобрений, способствующих максимальному использованию потенциала урожайности современных гибридов кукурузы. Практика применения удобрений, основанная на разработках десятилетней давности, может не отвечать потребностям современных гибридов кукурузы в элементах питания. Современные гибриды защищены от насекомых-вредителей с помощью методов генной инженерии и возделываются при более высокой густоте стояния, чем раньше. Переоценка динамики потребления и распределения элементов питания по органам растений может стать основой для совершенствования текущей практики применения удобрений под кукурузу с целью максимального использования потенциала урожайности.

Согласно обобщению, проведенному Бруулсемой с соавт. (Bruulsema et al., 2012), оптимизация системы применения удобрений включает оптимизацию форм, доз, сроков и способов внесения удобрений. На этом основана концепция «4-х правил»

применения удобрений (4R). Фундаментальные исследования по изучению динамики потребления основных макроэлементов и их распределения по органам растений (Sayre, 1948; Hanway, 1962; Karlen et al., 1988) характеризуют созданные в прошлом гибриды