

рения культур; фактический уровень плодородия почв и соотношение подвижных форм элементов питания в почве; достигнутый уровень культуры земледелия и среднюю многолетнюю урожайность сельскохозяйственных культур; состав и свойства почв; рельеф местности; особенности современных технологий внесения удобрений.

Христенко А.А. — кандидат. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела агрохимии, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского». Харьков, Украина; e-mail: [khristenko.an@mail.ru](mailto:khristenko.an@mail.ru)

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

## Литература

Safoora Asadi. Influence of different potassium fertilizer sources on sunflower production: 19th World Congress of Soil Science, Soil

Solutions for a Changing World, 1 – 6 August 2010, Brisbane – Australia, 2010. – P. 16–18.

Bernardi A.C.C., Gimenez L.M., Machado P.L.O.A. Variable-Rate Application (VRA) of potassium fertilization for soybean in Brazil // *Electronic International Fertilizer Correspondent. Quarterly correspondent from IPI. International potash institute.* – e-ifc No. 27, June 2011. – P. 14–18.

Носко Б.С., Прокошев В.В. Калійні добрива в землеробстві України. -М: Міжнародний інститут калію, 1999. -55 с.

Полупан М.І., Соловей В.Б., Кисіль В.І., Величко В.А. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України. – К.: Колообіг, 2005. – 304 с.

Христенко А.А. Оценка химических методов определения содержания подвижного калия в почвах // *Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвід. тематичн. наук. зб.* 2007. -Вип. 67. -С.90-98.

Прокошев В.В., Носов В.В. Теоретические и практические аспекты исследования некоторых методов определения калия в почве // *Почва — удобрение — плодородие.* — Минск: БелНИИПА, 2000. -С.92-98.

Христенко А.А, Мирошниченко Н.Н, Гладких Е.Ю. Рекомендации по эффективному использованию калийных удобрений на почвах Украины. — Харьков, 2013.- 36 с.

Прокошев В.В. и Дерюгин И.П. 2000. Калий и калийные удобрения. М.: «Ледум», 185 с.

# Отзывчивость кукурузы на калийные удобрения в южной зоне Ростовской области

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

В краткосрочных полевых опытах, проведенных на черноземе обыкновенном с повышенной обеспеченностью подвижными формами калия, потребность во внесении калийных удобрений под кукурузу существенно возросла при формировании максимальной продуктивности данной культуры. Коэффициент использования калия растениями кукурузы из внесенных в повышенной дозе калийных удобрений в среднем за 5 лет исследований составил 41%.

Кукуруза – калиелюбивая культура, предъявляющая повышенные требования к уровню обеспеченности почв доступными для растений формами калия. Работы, проведенные на юге России, свидетельствуют о том, что калийному питанию кукурузы должно уделяться большее внимание (Шмалько и Багринцева, 2007; Турчин, 2007; Иванова и др., 2015). За последние 5 лет в Ростовской области в сельхозорганизациях (без учета микропредприятий) под кукурузу в среднем вносилось 3 кг  $K_2O$ /га (РОССТАТ, 2016), то есть условия калийного питания данной культуры в регионе зависят исключительно от почвенных резервов калия.

Нами была изучена эффективность применения калийных удобрений под кукурузу в серии однолетних полевых опытов, которые проводились в Целинском районе Ростовской области в течение 5-ти лет (2011-15 гг.). В 2011-2014 гг. выращивался гибрид Фурио, а в 2015 г. – гибрид П9175. Исследования проводились на черноземе обыкновенном со слабощелочной реакцией среды, низким содержанием гумуса, а также средним и повышенным содержанием подвижных форм фосфора и калия соответственно (метод Мачигина). Содержание обменного калия было

очень высоким и составило 426-466 мг  $K_2O$ /кг почвы (метод Масловой). Исходная агрохимическая характеристика почвы представлена в **табл. 1**.

Минеральные удобрения вносились под предпосевную культивацию. Кроме того, в рассматриваемых в данной статье вариантах опытов с внесением удобрений проводилась обработка семян сульфатом цинка. Изучались несколько повышенные дозы минеральных удобрений, чтобы исключить недостаток азота, фосфора и калия у растений. Условия проведе-

**Таблица 1.** Исходная агрохимическая характеристика чернозема обыкновенного.

Гумус (2011 г.), %	3.22
pH ( $H_2O$ )	7.68 – 7.85
$N-NH_4$ , мг/кг почвы	14.3 – 20.3
$N-NO_3$ , мг/кг почвы	8.0 – 15.9
Подвижный P (метод Мачигина), мг $P_2O_5$ /кг почвы	22.0 – 26.5
Подвижный K (метод Мачигина), мг $K_2O$ /кг почвы	306 – 395
Обменный K (метод Масловой), мг $K_2O$ /кг почвы	426 – 466

**Примечание:** Приведены средневзвешенные величины для слоя почвы 0-20 см (исходя из результатов анализа для слоев 0-5, 5-10 и 10-20 см).

**Таблица 2.** Урожайность зерна кукурузы в однолетних опытах (т/га).

Вариант опыта	2011	2012	2013	2014	2015	Среднее
Контроль	7.32	6.50	4.70	5.80	2.80	5.42
N <sub>100</sub> P <sub>80</sub>	8.28	7.25	5.84	7.08	3.43	6.38
N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub>	8.83	7.37	5.99	6.94	3.61	6.55
N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>30</sub>	-	-	-	6.91	3.55	-
НСР <sub>0.05</sub>	0.26	0.09	0.20	0.46	0.09	

**Примечания:** во всех вариантах, кроме контрольного, проводилась обработка семян сульфатом цинка; в 2011-2014 гг. выращивался гибрид Фурио, а в 2015 г. – гибрид П9175.

ния полевых опытов были детально описаны ранее (Носов и др. 2014). В 2014 г. в схему опытов был добавлен новый вариант, где основное внесение калийных удобрений проводится при посеве в небольшой дозе – 30 кг К<sub>2</sub>О/га (2 см сбоку семян).

Следует отметить, что наиболее благоприятные погодные условия наблюдались в 2011 г., когда в период от посева до физиологической спелости выпало 190 мм осадков. В 2012 г. этот показатель составил 124 мм, в 2013 г. – 125 мм, в 2014 г. – 93 мм, а в 2015 г. – 177 мм. Однако в 2015 г. оптимальные сроки посева были упущены из-за холодной и дождливой весны, поэтому период опыления кукурузы пришелся на наиболее жаркий и засушливый период.

Результаты проведенных опытов по изучению отзывчивости кукурузы на калийные удобрения в целом соответствуют уровню почвенного плодородия по калию. Достоверная прибавка урожайности зерна от применения калийных удобрений наблюдалась в 3-х из 5-ти лет исследований и составила 0.12-0.55 т/га или 2-7% (табл. 2). Максимальная прибавка урожайности от калия наблюдалась в наиболее благоприятном 2011 г. Следовательно, калийснабжающая способность изученной почвы все-таки недостаточна для удовлетворения потребностей растений в калии при высоком уровне продуктивности.

Сравнительное изучение отзывчивости гибридов кукурузы на минеральные удобрения (азотные и фосфорные), проведенное в течение двух лет в Ростовской области, свидетельствует о том, что гибрид Фурио характеризуется умеренной отзывчивостью (Лабынцев и др., 2012). В целом, об этом же свидетельствуют и результаты наших исследований. Возделываемый с 2015 г. гибрид П9175, по-видимому, относится к группе гибридов, высокоотзывчивых на применение минеральных удобрений. Так, прибавка урожайности от внесения НРК-удобрений

(и обработки семян цинком) у данного гибрида в крайне неблагоприятных условиях 2015 г. составила 29% по сравнению с контрольным вариантом, где минеральные удобрения не применялись. У гибрида Фурио в течение 4-х лет исследований (2011-14 гг.) прибавка урожайности зерна от аналогичной системы применения удобрений находилась в диапазоне 13-27%.

Исходя из имеющихся двухлетних данных, между вариантами с внесением вразброс несколько повышенной для изученной почвы дозы калийных удобрений (60 кг К<sub>2</sub>О/га) и внесением низкой дозы при посеве (30 кг К<sub>2</sub>О/га) не наблюдается статистически значимых различий (табл. 2). По-видимому, при хорошей обеспеченности чернозема обыкновенного доступными для растений формами калия, внесение калийных удобрений вразброс может быть заменено на их локальное внесение при посеве в меньшей дозе. Тем более, что кукуруза относится к культурам, которые отзываются на внесение в почву хлора в составе хлористого калия (4R Plant Nutrition..., 2012). Для окончательных выводов об эффективности стартового применения калийных удобрений под кукурузу в данных почвенно-климатических условиях, безусловно, требуется продолжение исследований.

Согласно имеющимся обобщениям, для формирования 1 т зерна с учетом побочной продукции кукуруза выносит из почвы 21-33 кг К<sub>2</sub>О/га (Прокошев и Дерюгин, 2000). В наших исследованиях данный показатель составил в среднем 29 и 32 кг К<sub>2</sub>О/га в вариантах с внесением N100P80 и N100P80K60 соответственно (табл. 3). С 1 т зерна в данных вариантах из почвы отчуждалось в среднем 4.4 и 5.6 кг К<sub>2</sub>О/га соответственно. С учетом достигнутых уровней урожайности отчуждение калия из почвы с зерном в варианте опыта с внесением азотно-фосфорных удобрений составило 18-41 кг К<sub>2</sub>О/га, а в среднем за 5 лет исследований – 28 кг К<sub>2</sub>О/га. Принимая во внимание, что калийные удобрения в хозяйствах района под кукурузу практически не вносятся, следует отметить соответствующий отрицательный баланс калия, складывающийся в земледелии данного региона.

В проведенных полевых опытах были рассчитаны показатели, которые стандартно используются для оценки эффективности применения минеральных удобрений. Под агрономической эффективностью (АЭ) применения калийных удобрений понималась окупаемость калия прибавкой урожая зерна кукурузы

**Таблица 3.** Вынос калия из почвы растениями кукурузы, кг К<sub>2</sub>О/т зерна.

Части растений	Вариант опыта	2011	2012	2013	2014	2015	Среднее
Зерно	N <sub>100</sub> P <sub>80</sub>	4.9	4.9	3.2	3.6	5.2	4.4
	N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub>	5.4	6.3	4.7	5.5	5.9	5.6
Остальная надземная биомасса	N <sub>100</sub> P <sub>80</sub>	25.1	19.8	19.6	20.5	37.7	24.5
	N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub>	24.4	21.6	18.9	24.4	44.9	26.8
Сумма	N <sub>100</sub> P <sub>80</sub>	30.0	24.7	22.8	24.1	42.9	28.9
	N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub>	29.8	27.9	23.6	29.9	50.8	32.4

**Таблица 4.** Анализ эффективности применения калийных удобрений (при сопоставлении вариантов с внесением 0 и 60 кг K<sub>2</sub>O/га).

Показатель	2011	2012	2013	2014	2015	Среднее
АЭ <sub>к</sub> , кг зерна/кг K <sub>2</sub> O	9.2	2.1	2.5	-	3.1	4.3
КИУ <sub>к</sub> , %	24	44	13	62	61	41

зы. Коэффициент использования калия из удобрений растениями рассчитывался разностным способом по следующей формуле:

$$\text{КИУ (\%)} = ((V - V_0)/D)100, \text{ где:}$$

*КИУ – коэффициент использования калия из удобрений растениями;*

*V – вынос калия надземной биомассой растений в варианте с внесением данного элемента питания с удобрениями (кг/га);*

*V<sub>0</sub> – вынос калия надземной биомассой растений в варианте без внесения данного элемента питания с удобрениями (кг/га);*

*D – доза внесения калия (кг/га).*

Агрономическая эффективность применения калийных удобрений в дозе 60 кг K<sub>2</sub>O/га составила в среднем за 4 года 4.3 кг зерна/кг K<sub>2</sub>O (за исключением 2014 г.). Это относительно высокий показатель с учетом того, что в опытах вносились несколько повышенные дозы калия, чтобы гарантировать отсутствие недостатка калия у растений.

Коэффициент использования калия из удобрений растениями кукурузы сильно варьировал по годам исследований. Величина рассматриваемого показателя составила в среднем 41% (табл. 4). Следовательно, наблюдалась сравнительно невысокая эффективность использования калия из внесенных удобрений растениями. Следует отметить, что калийные удобрения не применялись в хозяйствах уже достаточно долгое время. Возможно, сказалось длительное истощение почвы по калию, которое может способствовать протеканию трансформационных изменений калийсодержащих глинистых минералов и, соответственно, усилению калийфиксирующей способности почвы (Соколова и др., 2001).

Проведенные исследования в целом продемонстрировали достаточно объективную оценку калийного состояния чернозема обыкновенного при использовании стандартного метода агрохимического анализа на содержание подвижных форм калия в почве. Была выявлена средняя корреляционная связь (R = 0.6) между содержанием калия в вытяжках ацетата и карбоната аммония. Предполагается, что при извлечении калия из почвы раствором карбоната аммония, так же как и раствором ацетата аммония, протекают в основном реакции ионного обмена между ионами аммония и ионами калия, то есть извлекается именно доступный растениям почвенный калий.

В заключение следует отметить, что, согласно полученным результатам, оптимизация минерального питания кукурузы при выращивании в относительно засушливых почвенно-климатиче-

ских условиях южной зоны Ростовской области способствует повышению продуктивности данной зерновой культуры. При повышенной обеспеченности подвижными формами калия чернозема обыкновенного, длительное время не получавшего калийных удобрений, наблюдалась сравнительно невысокая эффективность использования калия из внесенных удобрений растениями кукурузы. Тем не менее, потребность во внесении калийных удобрений под кукурузу существенно возросла при формировании максимальной продуктивности данной культуры.

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

*Бирюкова О.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета (г. Ростов-на-Дону); e-mail: olga\_alexan@mail.ru.*

*Божков Д.В. – ассистент кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета (г. Ростов-на-Дону).*

## Литература

- РОССТАТ, 2016. [www.gks.ru](http://www.gks.ru)
- Шмалько И.А. и Багринцева В.Н. 2007. Влияние калийных удобрений на формирование урожая кукурузы. Материалы научн.-метод. Сопоставления ученых-агрохимиков Теграф. Сети опытов с удобрениями Сев. Кавказа. М.: ВНИИА. С. 155-160.
- Турчин В.В. 2007. Обеспеченность чернозема обыкновенного различными формами калия и эффективность калийных удобрений на озимой пшенице и кукурузе на силос. Автореф. дис. ... канд. с.-х. н. Персиановский, 24 с.
- Иванова С.Е., Романенков В.А. и Никитина Л.В. 2015. Питание Растений. Вестник Международного института питания растений, 4: 2-4.
- Носов В.В., Бирюкова О.А., Купров А.В. и Божков Д.В. 2014. Питание Растений. Вестник Международного института питания растений, 1: 5-8.
- Лобынцев А.В., Пасько С.В. и Кравченко А.Н. 2012. Зерновое хозяйство России, 5: 42-47.
- 4R Plant Nutrition: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition, Metric Version, 2012. (T.W. Bruulsema, P.E. Fixen, G.D. Sulewski, eds.). IPNI, Norcross, USA.
- Прокошев В.В. и Дерюгин И.П. 2000. Калий и калийные удобрения. М.: «Ледум», 185 с.
- Соколова Т.А., Прокошев В.В. и Носов В.В., 2001. Бюллетень ВИУА, 115: 99-101.