

# Коэффициенты использования фосфора и калия из удобрений растениями кукурузы на черноземе обыкновенном Ростовской области

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

*В 5-ти летних опытах с внесением удобрений под предпосевную культивацию получена высокая эффективность использования фосфора из фосфорных удобрений и невысокая эффективность использования калия из калийных удобрений растениями кукурузы.*

Оптимизация минерального питания растений – залог получения высоких урожаев и высокого качества растениеводческой продукции. Средняя урожайность кукурузы в сельхозпредприятиях Ростовской обл. за последние три года (2015-2017 гг.) выросла и составила около 3.2 т/га (РОССТАТ, 2018). Однако это пока еще невысокая продуктивность, которая объясняется в том числе и сохраняющимся несбалансированным применением минеральных удобрений. Так, средние дозы N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O за указанный трехлетний период времени в сельхозпредприятиях региона составили 57, 29 и 5 кг/га соответственно (РОССТАТ, 2018).

Цель наших исследований заключалась в изучении роли основных макроэлементов в минеральном питании кукурузы. Для изучения отзывчивости кукурузы на применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в Целинском районе Ростовской обл. в течение 5-ти лет были проведены однолетние полевые опыты (в 2011 и 2015 гг. – на Целинском ГСУ, в 2012-2014 гг. – в СПК «Целинский»). Ранее мы уже публиковали результаты, полученные за 4 года исследований (Носов и др., 2015а и б).

Схема опытов включала следующие варианты: 1) контроль (без удобрений); 2) N30P40 (усредненная практика 20-ти соседних хозяйств до закладки опыта); 3) N100P80K60; 4) N18P80K60; 5) N100K60; 6) N100P80. Изучались повышенные дозы удобрений, чтобы гарантированно исключить недостаток элементов питания у растений. Удобрения (аммиачная селитра, аммофос и хлористый калий) вносились под предпосевную культивацию. В вариантах 3-6 проводилась обработка семян 0.1% раствором сульфата цинка. В опытах выращивались следующие гибриды кукурузы: Фурио – в 2011-2014 гг. и П9175 – в 2015 г. Предшественником кукурузы была озимая пшеница. Опыты проводились в четырехкратной повторности. Общая площадь делянки составила 67.2 м<sup>2</sup>, а учетная – 42 м<sup>2</sup>. Проводился комбайновый учет урожайности.

Почва в опытах – чернозем обыкновенный со слабощелочной реакцией среды, низким содержанием

гумуса и хорошей обеспеченностью минеральным азотом перед посевом кукурузы (табл. 1). Содержание подвижных форм фосфора и калия (по Мачигину) было средним и повышенным соответственно. Однако, исходя из содержания обменного калия, извлекаемого из почвы вытяжкой ацетата аммония, обеспеченность почвы калием для растений следует рассматривать, как очень высокую. В опытах определялся вынос фосфора и калия надземной биомассой кукурузы.

Наименее благоприятные погодные условия наблюдались в 2015 г., когда во второй половине июля и в августе выпало 0 мм осадков. В наиболее благоприятном 2011 г. за указанный период выпало 39 мм осадков. Соответственно, в 2015 г. в опытах наблюдалась наименьшая продуктивность кукурузы (рис. 1). В среднем за 5 лет исследований в контрольном варианте было получено 5.42 т/га зерна. В варианте с внесением N30P40 урожайность зерна повысилась до 5.90 т/га. Далее по продуктивности следуют варианты с внесением N18P80K60 (6.08 т/га), N100K60 (6.13 т/га) и N100P80 (6.37 т/га). Максимальная средняя урожайность зерна составила 6.55 т/га в варианте, где применялись повышенные дозы полного удобрения – N100P80K60.

Прибавка урожайности в варианте с внесением полного минерального удобрения (N100P80K60) относительно контроля составила в среднем 21% или 1.12 т/га, а по сравнению с усредненной практикой



Рис. 1. Урожайность зерна кукурузы в полевых опытах.  
\* Обработка семян раствором сульфата цинка.

Таблица 1. Исходная агрохимическая характеристика чернозема обыкновенного в опытах (0-20 см).

рН (Н <sub>2</sub> O)	Гумус, %	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Подвижный фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		Подвижный калий по Мачигину (K <sub>2</sub> O)	Обменный калий по Масловой (K <sub>2</sub> O)
				по Мачигину	по Олсену		
МГ/КГ ПОЧВЫ							
7.65-7.85	3.22*	14 - 22	8 - 16	22 - 26	37 - 41	306 - 395	426 - 466
* 2011							

хозяйств – 11% или 0.65 т/га, что указывает на существенный недобор урожая при внесении низких доз удобрений (N30P40). Гибрид кукурузы Фурио, который выращивался в опытах в течение 4-х лет из 5-ти, в сравнительных исследованиях был отнесен в группе гибридов со средней отзывчивостью на применение азотно-фосфорных удобрений (Лабынцев и др., 2012).

Результаты проведенных опытов по изучению отзывчивости кукурузы на отдельные элементы питания во многом соответствуют уровню исходного почвенного плодородия. Так, увеличение дозы азота с 18 до 100 кг/га способствовало росту урожайности в среднем на 8% за 5 лет исследований. За счет применения фосфорных и калийных удобрений урожайность зерна кукурузы в среднем повышалась на 7 и 3% соответственно. Максимальная прибавка урожайности от фосфора в 13% была получена в наиболее благоприятном 2011 г., когда продуктивность культуры была максимальной. Достоверная прибавка урожайности от калия в 7% также наблюдалась только в самом благоприятном 2011 г.

На основе полученных данных, включая вынос элементов питания надземной биомассой, был рассчитан ряд показателей, применяемых для оценки эффективности использования фосфора и калия из удобрений растениями, а именно: агрономическая эффективность, коэффициент использования элемента питания из удобрений растениями и балансовый коэффициент использования элемента питания из удобрений и почвы растениями. Агрономическая эффективность применения фосфорных и калийных удобрений – это окупаемость фосфора и калия прибавкой урожая зерна кукурузы, которая определялась следующим образом:

$$AE \text{ (кг зерна/кг д.в.)} = (Y - Y_0)/D,$$

где: AE – агрономическая эффективность применения удобрений; Y – урожайность зерна кукурузы в варианте с внесением данного элемента питания с удобрениями (кг/га); Y<sub>0</sub> – урожайность зерна кукурузы в варианте без внесения данного элемента питания с удобрениями (кг/га); D – доза внесения элемента питания (кг/га).

Коэффициент использования фосфора и калия из удобрений растениями рассчитывался разностным способом по следующей формуле:

$$КИУ \text{ (\%)} = ((B - B_0)/D)100,$$

где: КИУ – коэффициент использования элемента питания из удобрений растениями; B – вынос элемента питания надземной биомассой растений в варианте с внесением данного элемента питания с удобрениями (кг/га); B<sub>0</sub> – вынос элемента питания надземной биомассой растений в варианте без внесения данного элемента питания с удобрениями (кг/га); D – доза внесения элемента питания (кг/га).

Балансовый коэффициент использования элемента питания из удобрений и почвы растениями рассчитывался по формуле, указанной ниже:

$$БКИУП \text{ (\%)} = (B/D)100,$$

где: БКИУП – балансовый коэффициент использования элемента питания из удобрений и почвы растениями; B – вынос элемента питания надземной биомассой растений в варианте с внесением данного элемента питания с удобрениями (кг/га); D – доза внесения элемента питания (кг/га).

Как следует из табл. 2-3, агрономическая эффективность (АЭ) применения фосфорных и калийных удобрений в среднем за 5 лет составила 5.2 и 4.2 кг зерна/кг д.в. соответственно. Это в определенной степени высокие показатели с учетом того, что в опытах вносились повышенные дозы фосфора и калия, превышающие агрономически оптимальные дозы. Для получения максимальной экономической отдачи от минеральных удобрений в данных почвенно-климатических условиях изученные дозы азота, фосфора и калия, безусловно, должны корректироваться в сторону уменьшения.

Как известно, последствие фосфорных удобрений может наблюдаться в течение достаточно длительного периода времени. Например, последствие высоких фосфорных фонов, созданных в

**Таблица 2.** Вынос фосфора и показатели эффективности использования фосфора из удобрений растениями кукурузы.

Показатель	2011	2012	2013	2014	2015	Среднее
Вынос зерном в варианте N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub> , кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /га	90	77	57	57	29	62
Вынос надземной биомассой в варианте N <sub>100</sub> K <sub>60</sub> , кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /га	118	88	47	82	56	78
Вынос надземной биомассой в варианте N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub> , кг/га	201	150	92	152	90	137
АЭ <sub>P</sub> , кг зерна/кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12.9	4.1	3.4	1.0	4.6	5.2
КИУ <sub>P</sub> , %	103	76	56	88	44	73
БКИУП <sub>P</sub>	112	96	71	71	36	77

**Таблица 3.** Вынос калия и показатели эффективности использования калия из удобрений растениями кукурузы.

Показатель	2011	2012	2013	2014	2015	Среднее
Вынос зерном в варианте N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub> , кг K <sub>2</sub> O/га	47	47	28	39	21	36
Вынос надземной биомассой в варианте N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> , кг K <sub>2</sub> O/га	248	179	133	171	147	176
Вынос надземной биомассой в варианте N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub> , кг K <sub>2</sub> O/га	262	206	141	208	184	200
АЭ <sub>K</sub> , кг зерна/кг K <sub>2</sub> O	9.2	2.1	2.5	-	3.1	4.2
КИУ <sub>K</sub> , %	24	44	13	62	61	41
БКИУП <sub>K</sub> , %	79	78	47	64	35	61



тяжелосуглинистой дерново-подзолистой почве, наблюдалось в течение 22-х лет (Кирпичников, Адрианов, 2007). Отмечается, что показатель  $KIU_p$ , рассчитанный с учетом прямого действия фосфора на зерновых колосовых культурах, как правило, имеет очень низкие значения, поэтому эффективность использования фосфора из удобрений растениями в севообороте можно ошибочно интерпретировать, как невысокую (Johnston и Syers, 2009; Johnston и др., 2014). В связи с этим для объективной оценки эффективности использования внесенного в почву фосфора растениями предложено применять балансовый коэффициент использования фосфора из удобрений и почвы ( $BKIU_p$ ), который отражает использование растениями ранее накопленных почвенных резервов фосфора.

В проведенных нами опытах показатель  $KIU_p$  имел достаточно высокие значения – 73% в среднем за 5 лет, что свидетельствует о высоком использовании фосфора из удобрений растениями кукурузы непосредственно в год их внесения. При этом все удобрения заделывались неглубоко (до 12 см), поскольку основное внесение удобрений проводилось весной перед предпосевной культивацией. Однако в наиболее засушливые годы (2013 и 2015 гг.)  $KIU_p$  имел минимальные значения, и, следовательно, внесенный в эти годы вышеуказанным способом фосфор хуже использовался растениями. Показатель  $BKIU_p$ , учитывающий использование растениями ранее внесенного фосфора, имел несколько более высокие значения – 77% в среднем за 5 лет.

В опытах получены сравнительно невысокие значения для  $KIU_k$  – 41% в среднем за 5 лет. Таким образом, по сравнению с фосфором происходило значительное большее использование калия растениями из почвенных резервов. Показатель  $BKIU_k$ , учитывающий поступление калия в растения как из удобрений, так и из почвы, имел, соответственно, более высокие значения – 61% в среднем за 5 лет. В отличие от фосфорных удобрений калийные удобрения не применялись на опытных полях уже достаточно долгое время. Не следует исключать усиления калийфиксирующей способности почвы при ее длительном истощении по калию (Шаймухаметов и Петрофанов, 2008).

В заключение необходимо отметить, что проведенные исследования указывают на значительный нереализованный потенциал урожайности кукурузы в относительно засушливых почвенно-климатических условиях юга Ростовской области. Показано, что оптимизация минерального питания кукурузы способствует существенному повышению продуктивности данной культуры на черноземе обыкновенном, характеризующимся средней обеспеченностью подвижными формами фосфора и повышенной – подвижными формами калия (по методу Мачигина). В 5-ти летних опытах наблюдалась высокая эффективность использования фосфора из фосфорных удобрений непосредственно в год внесения и невысокая эффективность использования калия из калийных удобрений растениями кукурузы.



Опыт на Целинском ГСУ (29.07.2014 г.).

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

Бирюкова О.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; e-mail: olga\_alexan@mail.ru.

Божков Д.В. – ассистент.

Кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов Академии биологии и биотехнологии Южного федерального университета (г. Ростов-на-Дону).

## Литература

РОССТАТ, 2018. [www.gks.ru](http://www.gks.ru)

Носов В.В., Бирюкова О.А. и Божков Д.В. Эффективность применения минеральных удобрений под кукурузу в Ростовской области // Сохранение и развитие агрохимического наследия академика Д.Н. Прянишникова в Сибири. VII Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения. Материалы международной научно-практической конференции. Ч. 2. Новосибирск: ФАНО, Сибирское отделение аграрной науки, 2015а. С. 151-155.

Носов В.В., Бирюкова О.А. и Божков Д.В. Содержание подвижных форм фосфора в черноземах обыкновенных Ростовской области и эффективность использования фосфора из

удобрений растениями кукурузы // Питание Растений. Вестник МИПР. 2015б. № 2. С. 12-14.

Лабынцева А.В., Пасько С.В. и Кравченко А.Н. Отзывчивость гибридов кукурузы на удобрение. *Зерновое хозяйство России*. 2012. №5. С. 42-47.

Кирпичников Н.А. и Адрианов С.Н. Действие и последствие фосфорных удобрений на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при различной степени известкования // *Агрохимия*. 2007. № 10. С. 14-23.

Johnston A.E., Syers J.K. A new approach to assessing phosphorus use efficiency in agriculture // *Better Crops with Plant Food*. 2009. Vol. 93. №3. P. 14-16.

Johnston J., Fixen P., Poulton P. The efficient use of phosphorus in agriculture // *Better Crops with Plant Food*. 2014. Vol. 98. №4. P. 22-24.

Шаймухаметов М. Ш. и Петрофанов В. Л. Влияние длительного применения удобрений на K-фиксирующую способность почв // *Почвоведение*. 2008. № 4. С. 494-506.

## Применение ЖКУ марки 11-37-0 при возделывании подсолнечника на южном черноземе Волгоградской области

Москвичев А.Ю. и Гузенко А.Ю.

**П**рименение жидких комплексных удобрений (ЖКУ), содержащих более одного элемента питания в растворенном виде, позволяет оптимизировать минеральное питание сельскохозяйственных культур в разных почвенно-климатических условиях (Беспалый и др., 1978; Базегский, 1979; Губарев и Железняк, 1981; Владимирский, 1984; Бозиев, 2009). ЖКУ используются при посеве и посадке сельскохозяйственных культур, а также при проведении междурядных и некорневых подкормок. При этом внесение данных удобрений в почву может проводиться как с заделкой, так и без нее.

Основная цель производственного опыта, проведенного нами в 2015-2016 гг. в ООО «АПК «Родина» Киквидзенского района Волгоградской области, – уточнение рекомендаций по применению ЖКУ под подсолнечник. В опыте использовалось ЖКУ состава 11-37-0, содержащее 11% N и 37% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (весовые проценты). Данное удобрение в основном состоит из полифосфатов аммония, но в нем также частично присутствуют и неполимеризованные фосфаты (Носов, 2016).

Схема полевого опыта включала 4 варианта:

- 1) контроль (без удобрений);
- 2) ЖКУ в дозе 300 л/га с осени под основную обработку почвы;
- 3) ЖКУ в дозе 300 л/га под предпосевную культувацию;
- 4) ЖКУ в дозе 300 л/га под предпосевную культувацию + 100 л/га в вегетационную подкормку.

Исходя из минимальной плотности ЖКУ 11-37-0 в 1.41 кг/л, во 2-м, 3-м и 4-м вариантах опыта были соответственно внесены следующие дозы элементов питания: N47P157 с осени, N47P157 весной и N47P157 весной + N16P52 в подкормку. Удобрение вносилось в почву с помощью опрыскивателя. При проведении вегетационной подкормки использовались специальные шланги-удлинители. Размер опытной делянки составил 400 м<sup>2</sup> (40 м x 10 м), повторность опыта – трехкратная. Предшественником подсолнечника в севообороте была озимая пшеница. В опыте возделывался среднеспелый гибрид подсолнечника Мэлин.



Общий вид опытного участка (20.06.2016 г.)

Почва в опыте – южный чернозем среднеспелый малогумусный тяжелосуглинистый. В фазу образования корзинок с помощью портативного прибора «Комбо» проводились замеры pH и электропроводности почвы. Данные показатели составили соответственно 7.98 единиц и 0.25 мСм/см в среднем по опыту. Отбор образцов почвы на содержание щелочногидролизующего азота по методу Корнфилда, подвижных форм фосфора и калия по методу Мачигина также проводился в фазу образования корзинок. Содержание щелочногидролизующего азота в контрольном варианте опыта составило 77 мг/кг почвы, что соответствует уровню очень низкой обеспеченности. При внесении изученных доз азотных удобрений данный показатель повышался несильно – максимум на 12%. Содержание подвижного фосфора в контрольном варианте опыта было равным 14 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/кг почвы, что указывает на низкий класс обеспеченности. За счет применения высоких доз фосфорсодержащего жидкого удобрения почвенное плодородие по фосфору улучшалось до среднего и повышенного класса (максимум в 2.2 раза). Таким образом, применение изученных доз фосфора было оправданным для улучшения почвенного плодородия.