

Алексей Тимофеевич Шевелев

Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, научный сотрудник лаборатории агрохимии и защиты растений, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, с. Пивовариха, e-mail: shevelev820@mail.ru

Евгения Николаевна Дьяченко

Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, заведующий лабораторией агрохимии и защиты растений, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, с. Пивовариха, e-mail: agrohimi_170@mail.ru

УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТИ В УСЛОВИЯХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Цель исследования – изучить влияние совместного применения минеральных удобрений и извести на урожайность кукурузы и изменение агрохимических свойств серой лесной почвы в плодосменном севообороте. Представлены результаты длительного исследования по влиянию минеральных удобрений и извести на урожайность кукурузы на силос в плодосменном севообороте: кукуруза, ячмень + клевер, клевер, пшеница. Установлено положительное действие совместного применения минеральных удобрений и извести на продуктивность зеленой массы кукурузы. В среднем за четыре ротации (2001–2016 гг.) и начало пятой (2017–2019 гг.) повышение урожайности по сравнению с вариантом без внесения минеральных удобрений и извести в зависимости от варианта опыта составило 3,4–8,3 (14–28 %) и 2,4–7,5 т/га (9–18 %) соответственно. Наибольшую эффективность оказало совместное действие полного минерального удобрения ($N_{60}P_{30}K_{60}$) и извести, где урожай зеленой массы составил 33,2 и 33,0 т/га соответственно, что на 11 и 11,1 т/га выше, чем в варианте без удобрений и извести. Применение извести в дозе 0,5 H_2 в пятой ротации севооборота (2017 г.) улучшило агрохимические свойства серой лесной почвы ($pH_{сол}$ – 5,8–6,3; H_2 – 1,8–3,5 мг-экв. на 100 г почвы; V – 89,6–95,3 %). Показано, что экономическая эффективность азотно-калийных удобрений на фоне без извести выше других вариантов опыта. Наименьшая себестоимость 1 т к. ед. составила 3 529,5 руб., наивысший чистый доход – 26 477 руб., уровень рентабельности – 155 %.

Ключевые слова: продуктивность, минеральные удобрения, известь, агрохимические свойства почвы.

Alexey T. Shevelyov

Irkutsk Research Institute of Agriculture, staff scientist of the laboratory of agrochemistry and plants protection, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk district, v. Pivovarikha, e-mail: shevelev820@mail.ru

Evgenia N. Dyatchenko

Irkutsk Research Institute of Agriculture, head of the laboratory of agrochemistry and plants protection, candidate of agricultural sciences, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk district, v. Pivovarikha, e-mail: agrohimi_170@mail.ru

THE PRODUCTIVITY OF CORN FOR SILAGE AT INTEGRATED USE OF MINERAL FERTILIZERS AND LIME UNDER THE CONDITIONS OF CIS-BAIKAL AREA

The research objective was to study the influence of combined use of mineral fertilizers and lime on the productivity of corn and the change of agrochemical properties of gray forest soil in fruit changing crop rotation. The results of long-term researches on the influence of mineral fertilizers and lime on the productivity of corn for silage fruit changing crop rotation were presented: corn, barley + clover, clover, wheat. Positive influence of combined use of mineral fertilizers and lime on the efficiency of green material of corn was

established. On average for four rotations (2001–2016) and also the beginning of the fifth (2017–2019) the increase of the productivity in comparison with the variant without introduction of mineral fertilizers and lime depending on the experiment variant made 3.4–8.3 (14–28 %) and 2.4–7.5 t/hectare (9–18 %) respectively. The greatest efficiency had joint effect of full mineral fertilizer ($N_{60}P_{30}K_{60}$) and lime where the crop of green material made 33.2 and 33.0 t/hectare respectively, being 11 and 11.1 t/hectare higher, than in the variant without fertilizers and lime. Using lime in the dose of 0.5 H_g in the fifth rotation of the crop rotation (2017) improved agrochemical properties of gray forest soil (pH_{sol} – 5.8–6.3; H_g – 1.8–3.5 mg-equ. on 100 g of the soil; V – 89.6–95.3 %). It was shown that economic efficiency of nitrogen-potassium fertilizers against without lime above other options of the experiment. It was shown that economic efficiency of nitrogen-potassium fertilizers without lime had been higher than other test variants. The smallest prime cost of 1 t c. unit made 3 529.5 rub, the highest net income made 26 477 rub, profitability level – 155 %.

Keywords: efficiency, mineral fertilizers, lime, agrochemical properties of the soil.

Введение. Кукуруза относится к числу основных кормовых культур во многих регионах Российской Федерации [1–2]. Выращивание кукурузы на силос в условиях Прибайкалья затрудняется климатическими условиями, в частности поздним прогреванием почвы, весенне-летними засухами и ранними осенними заморозками (последняя декада августа) [3]. Основная доля пашни региона представлена слабо- и среднекислыми тяжело-суглинистыми серыми лесными почвами [4]. Как известно, кислотность почвы ограничивает производство сельскохозяйственных культур [5–7], поэтому она устраняется путем внесения известковых удобрений [8].

Кукуруза относится к культурам, требовательным к обеспеченности минеральным питанием. Это связано с образованием большого объема вегетативной массы и потреблением значительного количества питательных элементов в относительно короткий период интенсивного роста растений [9]. Регулирование минерального питания кукурузы с целью повышения ее урожайности возможно с помощью применения системы удобрения [10–12]. В связи с тем, что большинство почв региона нуждается в известковании, возникла необходимость изучения влияния минеральных и известковых удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и агрохимические свойства почвы.

Цель исследования: изучить влияние совместного применения минеральных удобрений и известки на урожайность кукурузы и изменение агрохимических свойств серой лесной почвы в плодосменном севообороте.

Задачи исследования:

- изучить совместное действие минеральных удобрений и известки на урожайность кукурузы;
- определить влияние систематического внесения минеральных удобрений и известки на агрохимические свойства серой лесной почвы;

– дать оценку экономической эффективности применения минеральных удобрений и известки.

Методы исследования. Многолетнее исследование проводили в лесостепной зоне Прибайкалья на опытном поле ФГБНУ «Иркутский НИИСХ».

Эффективность применения минеральных удобрений и известки изучали в четырехпольном плодосменном севообороте, заложенном в 2001 г., с чередованием культур: кукуруза (силос), ячмень + клевер, клевер (сидерат), пшеница. Почва серая лесная кислая тяжелосуглинистая, с содержанием гумуса в пахотном слое (0–20 см) 3,7–4,0 %; общего азота – 0,25 %; $pH_{сол.}$ – 3,9–4,4; N_r – 9,1–10,6 мг-экв/100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 68,4–72,1 %; содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) – 10–12, обменного калия – 8–10 мг/100 г почвы.

Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов:

- известкование – без известки, известь по 0,5 г.к. (5,7 т/га);
- минеральные удобрения – без удобрения, $N_{60}P_{30}$, $P_{30}K_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{30}K_{60}$.

В качестве мелиоранта использовали известковую муку с содержанием $CaCO_3$ 85 %, которую вносили один раз в 4 года под первую культуру севооборота – кукурузу (гибрид Катерина СВ).

Подготовка почвы для посева состояла из осенней зяблевой вспашки, ранне-весеннего боронования весной. Минеральные удобрения (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, калий хлористый) и известь вносили по схеме опыта вручную с заделкой дисковой тяжелой бороной БДТ-3 в два следа на глубину 15 и 20 см и обработкой культиватором КПС-4 с тяжелыми зубовыми боронами БЗТС-1,0. Посев – сеялкой СПУ-3 с междурядьем 70 см. Норма высева кукурузы на силос – 60 кг/га. Уход за

посевами включал в себя послепосевное прикапывание кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6, боронование до всходов, две междурядные обработки (с интервалом 10–15 дней) культиватором КРН-4,2 на глубину 10–12 см после всходов для удаления сорняков и рыхления почвы. При необходимости применяли гербицид Дублон-Голд (70 г/га).

Площадь посевной делянки – 122,5 м², учетной – 35 м². Повторность в опыте – четырех-

кратная. Учет зеленой массы поделяночно, вручную. Статистическая обработка урожайных данных – методом дисперсионного анализа с использованием программы «Снедекор» [13].

Результаты исследования. В среднем за четыре ротации севооборота (2001–2016 гг.) систематическое применение извести обеспечило увеличение урожая зеленой массы на 2,7–3,6 т/га (12 %), в пятой ротации – на 3,1–4,4 т/га (13–16 %) (табл. 1).

Таблица 1

Влияние минеральных удобрений и извести на урожайность зеленой массы кукурузы, средняя урожайность за 2001–2016 гг. и 2017–2019 гг., т/га

Вариант	Средняя урожайность 2001–2016 гг.	Прибавка		Средняя урожайность 2017–2019 гг.	Прибавка	
		от удобрений	извести		от удобрений	извести
Контроль	22,2*	–	–	21,9	–	–
	24,9**	–	2,7	25,5	–	3,6
N ₆₀ P ₃₀	25,6	3,4	–	24,8	2,9	–
	28,7	3,8	3,1	27,9	2,4	3,1
P ₃₀ K ₆₀	25,2	3,0	–	24,8	2,9	–
	28,3	3,4	3,1	28,2	2,7	3,4
N ₆₀ K ₆₀	26,5	4,3	–	27,1	5,2	–
	30,0	5,1	3,5	31,5	6,0	4,4
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	29,6	7,4	–	28,8	6,9	–
	33,2	8,3	3,6	33,0	7,5	4,2
НСП ₀₅ общая	1,721 т/га				1,182 т/га	
НСП ₀₅ извести	0,770 т/га	–	–	–	0,529 т/га	–
НСП ₀₅ удобрений	1,217 т/га				0,836 т/га	

* Фон – без извести; ** фон – известь 0,5 Нг.

Внесение минеральных удобрений на фоне без извести повышало урожайность кукурузы в 2001–2016 гг. на 3,0–7,4 т/га (14–33 %), а в 2017–2019 гг. – на 2,9–6,9 т/га (13–32 %). На известкованном фоне в исследуемые годы прибавки урожайности составили 3,4–8,3 (14–28 %) и 2,4–7,5 т/га (9–18 %) соответственно. Тенденция к снижению прибавки урожая зеленой массы кукурузы от внесения минеральных удобрений в пятой ротации объясняется неблагоприятными погодными условиями, влияющими на рост растений и поглощение питательных веществ из почвы. Вегетационные периоды 2017–2019 гг. были жаркими и засушливыми, количество осадков в изучаемые годы выпало меньше среднемноголетней нормы на 68,6 мм (20 %); 69,5 (20) и 51,4 (15 %) соответственно.

Наибольшая урожайность зеленой массы получена в варианте N₆₀P₃₀K₆₀ на фоне извести, наименьшая – в варианте P₃₀K₆₀ без извести.

Результаты исследования, полученные в первых четырех ротациях севооборота, показали снижение кислотности почв от систематического внесения мелиоранта [14].

В первый год пятой ротации севооборота (2017 г.) серая лесная почва имела следующие агрохимические показатели и на фоне без извести: рН_{сол} составила 4,4–4,5; гидролитическая кислотность (Нг) – 8,4–9,3 мг-экв. / 100 г почвы; степень насыщенности основаниями (V) – 71,5–74,8 %; на известкованном фоне: рН_{сол} – 5,8–6,3; Нг – 1,8–3,5 мг-экв. / 100 г почвы; V – 89,6–95,3 % (табл. 2).

Изменение агрохимических свойств серой лесной почвы при применении извести и минеральных удобрений в 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Годы	Пятая ротация					
		без извести			известь 0,5 г.к.		
		pH _{сол}	H _r , мг-экв. / 100 г почвы	V, %	pH _{сол}	H _r , мг-экв. / 100 г почвы	V, %
Без удобрений	2017	4,4	8,5	74,2	5,8	3,5	89,6
	2019	4,8	10,9	73,3	6,3	2,3	94,6
N ₆₀ P ₃₀	2017	4,5	8,4	74,7	6,2	2,3	94,1
	2019	4,8	10,6	74,6	6,5	2,1	95,7
P ₃₀ K ₆₀	2017	4,5	8,5	74,8	6,0	2,2	93,6
	2019	4,9	10,3	74,8	6,7	1,8	95,8
N ₆₀ K ₆₀	2017	4,5	8,8	74,0	6,3	1,8	95,3
	2019	4,8	10,7	73,4	6,1	3,0	93,1
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	2017	4,4	9,3	71,5	6,2	2,0	94,5
	2019	4,8	11,2	72,1	6,2	2,9	93,5
НСР ₀₅	2017–2019	0,1	0,9	8,0	0,2	1,0	5,0

В последующие годы в первое поле севооборота известь не вносилась, в 2019 г. отмечено увеличение pH_{сол} почвы на обоих фонах на 0,3–0,4 и 0,3–0,7 ед. соответственно (за исключением варианта N₆₀K₆₀, где величина pH на известкованном фоне снизилась на 0,2 ед.). Это объясняется положительным влиянием клеверного сидерального пара, что подтверждают данные, полученные В.Г. Лашковым [15]. Гидролитическая кислотность на фоне без извести повысилась на 1,8–2,4 мг-экв. / 100 г почвы, а на фоне с известью достоверно снизилась в варианте без удобрений на 1,2 мг-экв. / 100 г почвы. В варианте N₆₀K₆₀, наоборот, произошло

повышение этого показателя на 1,2 мг-экв. / 100 г почвы. Остальные изменения H_r, как и степени насыщенности основаниями, были недостоверны (см. табл. 2).

Рассчитана экономическая эффективность применения минеральных удобрений и извести на посевах кукурузы в пятой ротации севооборота. Из таблицы 3 видно, что из удобренных вариантов наилучшие экономические показатели получены при применении азотно-калийных удобрений на фоне без извести: наименьшая себестоимость 1 т к. ед. – 3 529,5 руб., наивысший чистый доход составил 26 477 руб. и уровень рентабельности – 155 %.

Таблица 3

Экономическая эффективность минеральных удобрений и извести при возделывании кукурузы на силос в пятой ротации (2017–2019 гг.)

Вариант опыта	Сбор к. ед., т/га	Стоимость продукции руб/га	Производственные затраты на 1 га, руб.	Себестоимость 1 т к. ед., руб.	Чистый доход с 1 га, руб.	Рентабельность, %
1	2	3	4	5	6	7
Без удобрений	3,50	31500	7005	2001,4	24495	350
	4,07	36630	7118	1748,9	29512	415
N ₆₀ P ₃₀	4,30	38700	16384	3810,2	22316	136
	4,83	43503	22357	4628,8	21146	95
P ₃₀ K ₆₀	3,61	32476	18274	5062,0	14202	78
	4,10	36900	18881	4605,1	18019	95

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
N ₆₀ K ₆₀	4,84	43560	17083	3529,5	26477	155
	5,62	50580	23095	4109,4	27485	119
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	4,69	42210	22410	4778,3	19800	88
	5,12	46080	28416	5550,0	17664	62

Примечание: в числителе – фон без извести, в знаменателе – фон известь 0,5 Нг.

Высокая стоимость двойного суперфосфата (67 000 руб/т) приводит к увеличению производственных затрат в вариантах с применением фосфорных удобрений в двойном и тройном сочетаниях с азотными и калийными, и как следствие – к снижению чистого дохода, рентабельности и окупаемости 1 руб. затрат.

Выводы. В среднем за 4 ротации и 3 года пятой ротации севооборота при совместном применении минеральных удобрений и извести урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от варианта опыта повысилась на 3,4–8,3 (14–28 %) и 2,4–7,5 т/га (9–18 %) соответственно.

Наибольший урожай зеленой массы в изучаемые ротации отмечен при внесении N₆₀P₃₀K₆₀ на фоне извести и составил 33,2 и 33,0 т/га соответственно, что на 11 и 11,1 т/га выше, чем в варианте без удобрений и извести. Применение извести в дозе 0,5 Нг в пятой ротации севооборота (2017 г.) улучшило агрохимические свойства серой лесной почвы (рН_{сол} – 5,8–6,3; Нг – 1,8–3,5 мг-экв/100 г почвы; V – 89,6–95,3 %). Наилучшие экономические показатели получены при применении азотно-калийных удобрений на фоне без извести: наименьшая себестоимость 1 т к. ед. составила 3 529,5 руб., наивысший чистый доход – 26 477 руб., уровень рентабельности – 155 %.

Литература

- Сагирова Р.А., Романовский В.Р. Возделывание кукурузы в Иркутской области: рекомендации. Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2011. 19 с.
- Завалин А.А., Хассан Гарба Контагора, Духанина Т.М., Азубеков Л.Х. Продуктивность кукурузы на силос при использовании биопрепаратов и азотного удобрения // Агрохимия. 2002. № 11. С. 27–36.
- Житов В.В., Дмитриев Н.Н. Зональные основы системы удобрений в земледелии Иркутской области. Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2013. 140 с.
- Житов В.В., Долгополов А.А., Дмитриев Н.Н. Агрохимия в условиях юга Восточной Сибири. Иркутск, 2003. – 336 с.
- Sumner M.E., Shahandeh H., Bouton J., Hammel J., 1986. Amelioration of an acid soil prohle through deep liming and surface application of gypsum. Soil Sci. Soc. Am. J. 50. 1254-1258.
- Tang C., Rengel Z., Diatloff E., Gazey C. 2003. Responses of wheat and bariey to iiming on a sandy soil with subsoil acidity. FieldCropsRes. 80, 235–244.
- Сиротина Е.А., Сиротин И.Б. Влияние разных доз извести на агрохимические показатели серой оподзоленной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур // Агрохимический вестник. 2019. № 4. С. 19–20. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10052.
- Emani P.R., Rideiro M. F.S. et al. 2004. Chemical modifications caused dy liming delow the limed laver in a predominantly variadle charge acid soil. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 35, 889–901.
- Conyers M.K., Heenan D.P., MeGhie W.I., Poile, G.P., 2003. Amelioration of acidity with time by limestone under contrasting tillage. SoilTill. Res. 72, 85–94.
- Чепелева А.В., Чепелев Г.П. Урожайность и качество зерна кукурузы при применении минеральных удобрений в условиях Амурской области // Вестник КрасГАУ. 2019. № 10. С. 49–56.
- Никитишен В.И., Личко В.И. Минеральное питание кукурузы при взаимодействии азотного и фосфорного удобрений // Агрохимия. 2012. № 12. С. 9–13.
- Нестеров Д.Н., Нестерова Е.М., Громаков А.А., Турчин В.В. Действие регуляторов роста и минеральных удобрений на продуктивность кукурузы на черноземе Ростовской области // Вестник КрасГАУ. 2020. № 5. С. 49–56. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-80-85.
- Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: Изд-во РАСХН, 2004. 162 с.
- Дьяченко Е.Н., Шевелев А.Т. Изменение агрохимических свойств серой лесной почвы при систематическом применении мине-

- ральных, известковых удобрений и сидерации // Агрохимический вестник. 2019. № 4. С. 35–38. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10056.
15. Лашков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. М.: Изд. ВНИИА, 2012. 512 с.

Literatura

1. Sagirova R.A., Romanovskij V.R. Vozdelyvanie kukuruzy v Irkutskoj oblasti: rekomendacii. Irkutsk: Izd-vo IrGSHA, 2011. 19 s.
2. Zavalin A.A., Hassan Garba Kontagora, Duhanina T.M., Azubekov L.H. Produktivnost' kukuruzy na silos pri ispol'zovanii biopreparatov i azotnogo udobrenija // Agrohimiya. 2002. № 11. S. 27–36.
3. Zhitov V.V., Dmitriev N.N. Zonal'nye osnovy sistemy udobrenij v zemledelii Irkutskoj oblasti. Irkutsk: Izd-vo IrGSHA, 2013. 140 s.
4. Zhitov V.V., Dolgopолоv A.A., Dmitriev N.N. Agrohimiya v uslovijah juga Vostochnoj Sibiri. Irkutsk, 2003. – 336 s.
5. Sumner M.E., Shahandeh H., Bouton J., Hammel J., 1986. Amelioration of an acid soil prohle through deep liming and surface application of gypsum. Soil Sci. Soc. Am. J. 50. 1254-1258.
6. Tang C., Rengel Z., Diatloff E., Gazey C. 2003. Responses of wheat and bariey to iiming on a sandy soil with subsoil acidity. FieldCropsRes. 80, 235–244.
7. Sirotnina E.A., Sirotnin I.B. Vlijanie raznyh doz izvesti na agrohimicheskie pokazateli seroj opodzolennoj pochvy i urozhajnost' sel'skohozjajstvennyh kul'tur // Agrohimicheskij vestnik. 2019. № 4. S. 19–20. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10052.
8. Emami P.R., Rideiro M. F.S. et al. 2004. Chemical modifications caused dy liming delow the limed laver in a predominantly variadle charge acid soil. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 35, 889–901.
9. Conyers M.K., Heenan D.P., MeGhie W.I., Poile, G.P., 2003. Amelioration of acidity with time by limestone under contrasting tillage. SoilTill. Res. 72, 85–94.
10. Chepeleva A.V., Chepelev G.P. Urozhajnost' i kachestvo zerna kukuruzy pri primenenii mineral'nyh udobrenij v uslovijah Amurskoj oblasti // Vestnik KrasGAU. 2019. № 10. S. 49–56.
11. Nikitishen V.I., Lichko V.I. Mineral'noe pitanie kukuruzy pri vzaimodejstvii azotnogo i fosfornogo udobrenij // Agrohimiya. 2012. № 12. S. 9–13.
12. Nesterov D.N., Nesterova E.M., Gromakov A.A., Turchin V.V. Dejstvie reguljatorov rosta i mineral'nyh udobrenij na produktivnost' kukuruzy na chernozeme Rostovskoj oblasti // Vestnik KrasGAU. 2020. № 5. S. 49–56. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-80-85.
13. Sorokin O.D. Prikladnaja statistika na komp'jutere. Krasnoobsk: Izd-vo RASHN, 2004. 162 s.
14. D'jachenko E.N., Shevelev A.T. Izmenenie agrohimicheskikh svojstv seroj lesnoj pochvy pri sistematičeskom primenenii mineral'nyh, izvestkovykh udobrenij i sideracii // Agrohimicheskij vestnik. 2019. № 4. S. 35–38. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10056.
15. Lashkov V.G. Sevoоборот i plodorodie pochvy. M.: Izd. VNIIA, 2012. 512 s.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования (проект № 0806-2019-0004).

