

## **ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА АГРОЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

**Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, С. А. Касьянчик, Т. М. Кирдун,  
Ю. А. Белявская, М. М. Торчило**

*Институт почвоведения и агрохимии,  
г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы в Республике Беларусь посевы кукурузы значительно увеличились и составляют около 1,0 млн га, из которых 18–20 % убирается на зерно. При этом кукуруза выращивается в севооборотах и как монокультура на постоянных участках. Кукуруза относится к типу интенсивных культур с высоким потреблением питательных веществ. При уборке кукурузы на зерно вся листостебельная масса остается в поле. По существующим рекомендациям сразу же после измельчения соломы следует внести азотные удобрения из расчета 8 кг/т соломы [1, 2]. Однако значение дополнительного азотного удобрения по соломе, несомненно, все больше уменьшается с повышением плодородия дерново-подзолистых почв и ежегодным применением полного минерального удобрения под сельскохозяйственные культуры [3–5]. В связи с этим, одним из направлений данных исследований является установление целесообразности внесения компенсирующих доз азота по соломе при возделывании кукурузы на зерно на дерново-подзолистой супесчаной почве в современных условиях хозяйствования.

По содержанию углерода листостебельная масса кукурузы (сухая масса) в 3,5–4,0 раза превосходит подстилочный навоз: из 1 т сухой соломы может образоваться 120–220 кг гумуса, в то время как из 1 т солоमистого навоза – 30–50 кг. Кроме того, в 1 т сухой массы соломы в среднем содержится: N – 8–12 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 4–5 кг, K<sub>2</sub>O – 16–19 кг. При этом высвобождаемый из соломы азот поглощается микроорганизмами, которые ее разлагают, поэтому в первый год после заправки в питание растений азот практически не участвует [6, 7]. Содержащийся в послеуборочных остатках калий находится в легкодоступной для растений форме и может участвовать в питании последующей культуры. Исследованиями зарубежных ученых установлено, что не менее половины фосфора, содержащегося в соломе злаковых культур, представлено легкоусвояемыми соединениями, т.е. в год действия он может быть эффективнее даже водорастворимых форм фосфорных удобрений [8, 9].

В ранее проведенных нами исследованиях установлено, что основная часть калия (82–92 % от исходного содержания), 40–59 % фосфора и 8–31 % азота высвобождаются из листостебельной массы кукурузы уже в осенний период. В течение года калий высвобождается на 95–99 %, фосфор – на 70–90 %, азот – на 50–60 % [10]. Потому при возделывании кукурузы по соломе или листостебельной массе предшественника экономически целесообразным представляется

снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом их высвобождения из поступивших в почву растительных остатков.

Таким образом, рациональное использование органических и минеральных удобрений при возделывании кукурузы на зерно будет способствовать снижению себестоимости зерна и повышению экологичности сельскохозяйственного производства.

Кроме этого, в последние годы для применения в растениеводстве Республики Беларусь зарегистрированы новые виды эффективных микроудобрений, стимуляторов роста и микробиологических удобрений для некорневых подкормок. Применяя их в технологии возделывания кукурузы, возможно получить высокую продуктивность с более низкой себестоимостью зерна и при более низких дозах внесения традиционных видов минеральных удобрений.

В настоящее время в странах Евросоюза уже применяются подобные системы удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур. Широко используются некорневые подкормки комплексными удобрениями, содержащими макро- и микроэлементы, в зависимости от потребности растений по этапам органогенеза.

Цель исследований – разработать агрохимические приемы снижения себестоимости зерна кукурузы, обеспечивающие высокий уровень продуктивности при сохранении плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы и повышении экологичности сельскохозяйственного производства.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В лаборатории органического вещества почвы для решения запланированных задач по тематике исследований в двух полях заложен стационарный опыт: в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком, почве. Перед закладкой опыта почва имела следующие агрохимические показатели: содержание гумуса – 2,16–2,41 %, подвижных форм  $P_2O_5$  – 133–203 мг/кг,  $K_2O$  – 134–223 мг/кг,  $pH_{KCl}$  – 5,5–6,0.

В опыте возделывается гибрид кукурузы Палацио. Схема опыта представлена в табл. 1.

Первое поле было заложено осенью 2015 г., второе – 2016 г. Осенью, после уборки кукурузы, согласно схеме опыта по делянкам была равномерно распределена измельченная солома и внесены компенсирующие дозы азота в виде карбамида (в среднем по двум полям за 3 года – 37 кг/га) и жидкого навоза КРС (30 т/га), в одном варианте по соломе внесено микробиологическое удобрение Жыцень в дозе 3 л/га. В первом поле кукурузу возделывали в 2016–2018 гг., во втором поле – в 2017–2019 гг.

За три года под кукурузу внесено в среднем 2,9 т/га соломы овса, 15,4 т/га листостебельной массы кукурузы. Подстилочный навоз в дозе 80 т/га вносили через год, согласно схеме опыта, осенью под вспашку, осенью в виде мульчи (вспашка весной) и весной под вспашку. Микроэлементы бор (100 г/га д.в.) и цинк (150 г/га д.в.) вносили в виде микроудобрений Адоб бор и Адоб цинк в некорневую подкормку в стадию 6–8 листьев кукурузы. В эту же стадию были проведены подкормки стимуляторами роста Агропон С в дозе 15 мл/га и Экосил в дозе 100 мл/га, расход рабочей жидкости – из расчета 300 л/га.

Минеральные удобрения внесены в полной дозе ( $N_{90+60}P_{90}K_{150}$ ), половинной дозе ( $N_{45+30}P_{45}K_{75}$ ) и в дозе  $N_{90+30}P_{60}K_{120}$  в вариантах с подстилочным навозом КРС. В вариантах с учетом содержания калия и фосфора в запаханной соломе предшественника в среднем за три года внесено  $N_{90+60}P_{70}K_{67}$ . Фосфорные и калийные удобрения внесены весной под культивацию, азотные – весной под культивацию и в подкормку в фазу 6–8 листьев кукурузы.

Кукуруза посеяна по зерновой технологии с нормой высева – 85 тыс. всхожих зерен на 1 га.

Расчет экономической эффективности внесения удобрений выполнен на прибавку урожая от удобрений в ценах 2019 г. в долларовом эквиваленте: транспортировка до 5 км и внесение подстилочного навоза КРС (ПН КРС) – 4,0 USD/т, жидкого навоза КРС (ЖН КРС) – 1,5 USD/т, стоимость зерна кукурузы на фураж – 130 USD/т, затраты на доработку прибавки урожая – 31 USD/т.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия периодов вегетации кукурузы значительно различались по среднесуточным температурам (рис. 1) и количеству выпавших осадков (рис. 2), что сказалось на урожайности кукурузы по годам исследования (табл. 1).

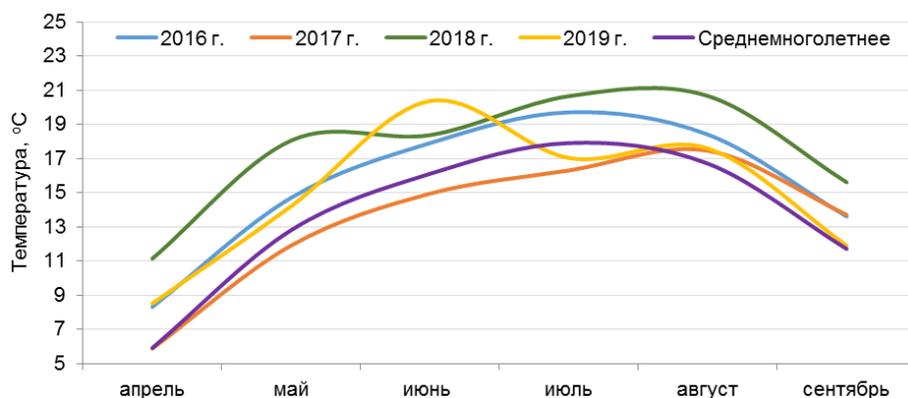


Рис. 1. Температурный режим вегетационных периодов, 2016–2019 гг.

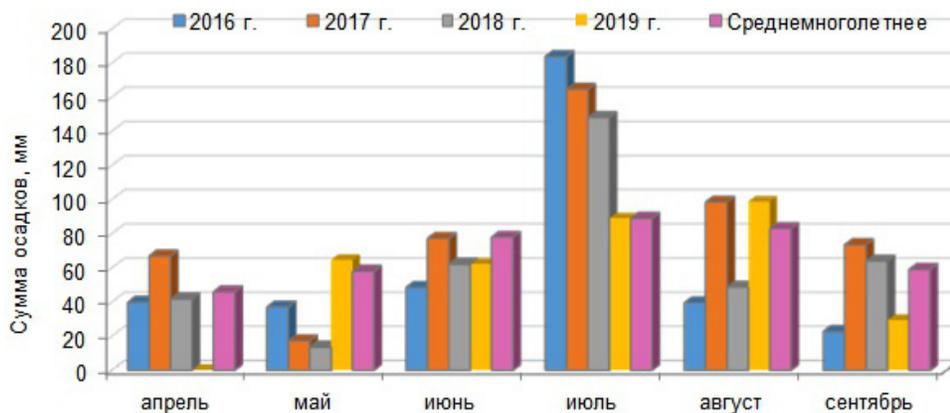


Рис. 2. Условия увлажнения вегетационных периодов, 2016–2019 гг.

Таблица 1

**Влияние удобрений на урожайность зерна кукурузы в монокультуре  
на дерново-подзолистой супесчаной почве**

Вариант	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га
	2016– 2017 гг.	2017– 2018 гг.	2018– 2019 гг.	среднее	
Без удобрений (контроль)	44,9	39,7	49,7	44,7	–
N <sub>90+60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	76,1	91,4	103,0	90,2	45,5
ПН КРС (осенью)	65,8	52,3	79,4	65,8	21,1
ПН КРС (осенью) + N <sub>90+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	83,0	82,3	114,6	93,3	48,6
ПН КРС (мульча)	34,9	36,5	82,5	51,3	6,6
ПН КРС (мульча) + N <sub>90+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	44,7	53,9	113,4	70,6	25,9
ПН КРС (весной)	74,7	60,9	109,5	81,7	37,0
ПН КРС (весной) + N <sub>90+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	92,1	92,7	123,5	102,8	58,1
Солома + ЖН КРС, 30 т/га	71,7	85,9	77,1	78,2	33,5
Солома + ЖН КРС, 30 т/га + B <sub>0,10</sub> Zn <sub>0,15</sub>	81,6	92,1	83,3	85,6	40,9
Солома	52,3	50,0	65,9	56,1	11,4
Солома + N <sub>37</sub>	63,0	64,1	73,7	66,9	22,2
Солома + Жыцень, 3 л/га	35,5	66,1	75,8	59,1	14,4
Солома + N <sub>90+60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	82,8	94,5	106,1	94,5	49,8
Солома + N <sub>90+60</sub> P <sub>70</sub> *K <sub>67</sub> *	81,0	91,3	102,4	91,5	46,8
Солома + N <sub>90+60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub> B <sub>0,10</sub> Zn <sub>0,15</sub>	88,6	101,4	124,7	104,9	60,2
Солома + N <sub>45+30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>75</sub> B <sub>0,10</sub> Zn <sub>0,15</sub>	85,6	87,7	102,6	92,0	47,3
Солома + N <sub>45+30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>75</sub> + Агропон С	69,7	98,0	106,6	91,4	46,7
Солома + N <sub>45+30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>75</sub> + Экосил	73,7	91,5	97,7	87,6	42,9
НСП <sub>05</sub>	5,9	6,1	6,2	6,1	6,1

Холодные апрель и май 2017 г. были причиной задержки сроков сева кукурузы, ее роста и развития в начальный период. Частое и обильное выпадение осадков в период июль–сентябрь затянули сроки созревания зерна кукурузы. В результате уборка была проведена в конце второй декады октября. Все это отрицательно сказалось на урожайности зерна. В среднем за 2016–2017 гг. получено в среднем по опыту 68,5 ц/га зерна, при этом за счет удобрений получено 23,6 ц/га, или 53 % к контролю. Наиболее благоприятными для формирования урожайности зерна кукурузы были погодные условия в период вегетации кукурузы в 2018 и 2019 гг.: в среднем по опыту было получено 94,3 ц/га зерна, прибавка за счет удобрений составила 44,6 ц/га (90 % к контролю).

В среднем по двум полям за три года за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы сформирована урожайность зерна кукурузы на уровне 44,7 ц/га (табл. 1, рис. 3).

Запашка побочной продукции обеспечила рост урожайности в среднем за 3 года на 11,4 ц/га, т.е. на 1 т соломы получено 187 кг зерна кукурузы. Солома с компенсирующей дозой азота способствовала росту урожайности на 22,2 ц/га, при этом за счет азота получено 10,8 ц/га зерна. Условно чистый доход от данного агроприема составил 196 USD/га, рентабельность – 212 % (табл. 2).



Рис. 3. Влияние заправки соломы, с компенсирующей дозой азота и обработкой микробиологическими удобрениями, на урожайность зерна кукурузы, среднее за 2016–2019 г. (НСР<sub>05</sub> 6,1 ц/га)

Таблица 2

**Экономическая эффективность применения удобрений под кукурузу на дерново-подзолистой супесчаной почве, среднее за 2016–2019 гг.**

Вариант	Стоимость прибавки, USD/га	Общие затраты, USD/га	Условно чистый доход, USD/га	Рентабельность, %	Себестоимость, USD/т
N <sub>90+60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	591	320	272	85	70
ПН КРС (осенью)	275	279	–4	–1	132
ПН КРС (осенью) + N <sub>90+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	632	497	134	27	102
ПН КРС (мульча)	417	313	104	33	98
ПН КРС (мульча) + N <sub>90+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	769	530	239	45	90
ПН КРС (весной)	481	328	153	47	89
ПН КРС (весной) + N <sub>90+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	755	527	228	43	91
Солома + N <sub>37</sub>	289	93	196	212	42
Солома + ЖН КРС, 30 т/га	436	149	287	193	44
Солома + ЖН КРС, 30 т/га + B <sub>0,10</sub> Zn <sub>0,15</sub>	532	189	343	182	46
Солома + Жыцень, 3 л/га	330	96	234	243	38
Солома + N <sub>90+60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	647	333	314	94	67
Солома + N <sub>90+60</sub> P <sub>70</sub> *K <sub>67</sub> *	608	302	307	102	64
Солома + N <sub>90+60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub> B <sub>0,10</sub> Zn <sub>0,15</sub>	783	382	401	105	63
Солома + N <sub>45+30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>75</sub> B <sub>0,10</sub> Zn <sub>0,15</sub>	615	253	362	143	53
Солома + N <sub>45+30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>75</sub> + Агропон С	607	241	366	152	52
Солома + N <sub>45+30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>75</sub> + Экосил	558	231	327	141	54

\* Дозы учитывают поступление Р и К с соломой.

Максимальная прибавка урожая зерна кукурузы при органической системе удобрения получена при заправке соломы с внесением компенсирующей дозы азота в составе жидкого навоза КРС – 33,5 ц/га, при этом условно чистый доход

составил 287 USD/га, рентабельность – 193 %. При заделке соломы, обработанной микробиологическим удобрением Жыцень, урожайность зерна составила 70,1 ц/га при самой высокой в опыте рентабельности – 274 %, низкой себестоимости прибавки урожая зерна – 38 USD/т.

Минеральные удобрения в дозах  $N_{90+60}P_{90}K_{150}$  обеспечили урожайность зерна кукурузы на уровне 90,2 ц/га (рис. 4), прибавка урожая к неудобренному варианту составила 45,5 ц/га, или 102 %. При внесении  $N_{90+60}P_{90}K_{150}$  (полная доза) по фону соломы урожайность составила 94,5 ц/га без существенной прибавки от соломы. С разницей в пределах  $HCP_{05}$  (6,1 ц/га) получена урожайность в варианте с внесением минеральных удобрений со скорректированными дозами фосфора и калия с учетом их высвобождения из соломы предшественника – 91,5 ц/га.

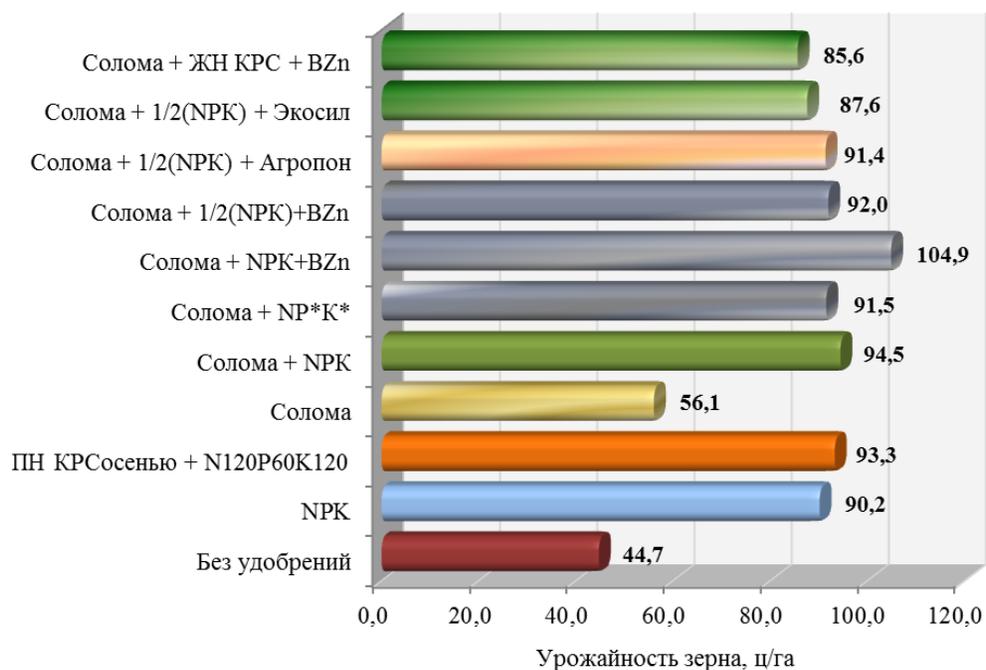


Рис. 4. Влияние разных систем удобрения на урожайность зерна кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве, среднее за 2016–2019 гг. ( $HCP_{05}$  6,1 ц/га)

Максимальная урожайность в блоке с внесением минеральных удобрений по фону соломы получена в варианте с полной дозой NPK и некорневой обработкой посевов микроудобрениями Адоб бор (100 г д.в./га) и Адоб цинк (150 г д.в./га) в фазу 6–8 листьев кукурузы и составила 104,9 ц/га, что на 60,2 ц/га, или на 135 %, выше, чем в неудобренном варианте, при этом прибавка урожая за счет микроудобрений составила 9,4 ц/га, или 10 %, условно чистый доход увеличился на 87 USD/га и рентабельность – на 11 % (табл. 2).

Внесение по фону соломы  $N_{45+30}P_{45}K_{75}$  и некорневая обработка посевов кукурузы микроудобрениями Адоб бор (100 г д.в./га) и Адоб цинк (150 г д.в./га) в фазу 6–8 листьев кукурузы способствовали получению 92,0 ц/га зерна, что на 12,2 ц/га ниже, чем в аналогичном варианте с полной дозой NPK и практически на уровне с урожайностью, полученной за счет внесения только  $N_{90+60}P_{90}K_{150}$ , при этом на-

ибо более низкая себестоимость зерна (53 USD/т) получена в варианте с внесением половинной дозы NPK с микроудобрениями.

Высокая агроэкономическая эффективность получена при внесении половинной дозы NPK по фону соломы и некорневой обработке посевов кукурузы регулятором роста Агропон С в дозе 15 мл/га: урожайность составила 91,4 ц/га, условно чистый доход – 366 USD/га, рентабельность – 152 % при низкой себестоимости зерна в 52 USD/т.

Некорневая обработка посевов кукурузы микроудобрениями в варианте с запашкой соломы с жидким навозом КРС обеспечила урожайность зерна кукурузы 83,7 ц/га, при этом за счет микроудобрений получено 10,4 ц/га, или 11 %, урожая зерна, условно чистый доход увеличился на 56 USD/га.

В опыте также проводили сравнение разных сроков внесения подстилочного навоза КРС в дозе 80 т/га под кукурузу (через год). Установлено, что внесение навоза осенью под вспашку обеспечило урожайность зерна в среднем по двум полям за 3 года на уровне 65,8 ц/га, что на 21,1 ц/га, или 47 %, выше, чем в неудообренном варианте (рис. 5), тем не менее прибавка урожая не окупала затраты на данный агроприем, в этом варианте отмечена самая высокая себестоимость прибавки урожая – 132 USD/т (табл. 2).

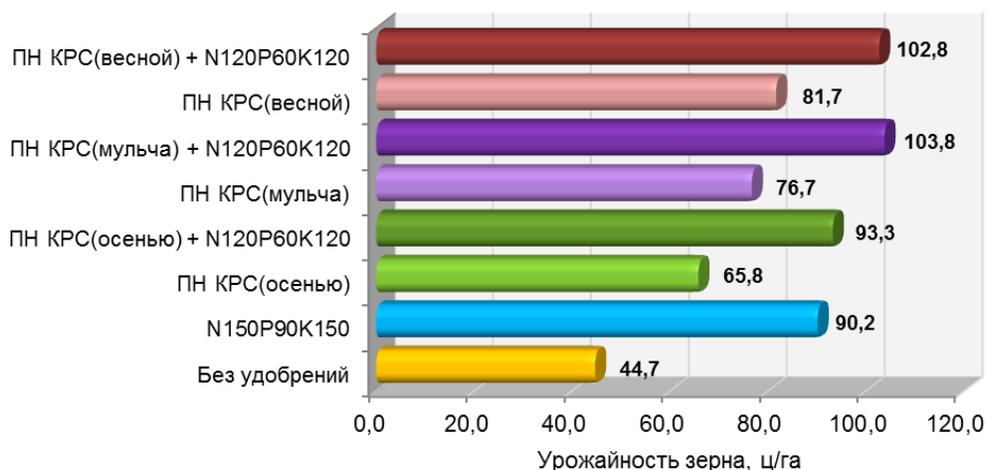


Рис. 5. Влияние разных сроков внесения навоза на урожайность зерна кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве, среднее за 2016–2019 гг. (НСР<sub>05</sub> 6,1 ц/га)

При внесении подстилочного навоза КРС весной под вспашку получено 81,7 ц/га зерна кукурузы, что на 15,9 ц/га, или 24 %, выше, чем при осеннем его внесении. Условно чистый доход при этом составил 153 USD/га, рентабельность – 47 %. Разница в урожайности зерна кукурузы при весеннем внесении навоза и оставлении его на зиму в виде мульчи была в пределах ошибки опыта (составила 5 ц/га). В результате на 1 т ПН КРС получено при осеннем его внесении 40 кг зерна, при весеннем – 69 кг, при оставлении в виде мульчи – 60 кг зерна.

Внесение по фону подстилочного навоза КРС N<sub>90+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> увеличило урожайность к фону на 21,1–27,5 ц/га. При этом наиболее высокая урожайность (102,8 и 103,8 ц/га) была в вариантах с внесением навоза весной или в виде мульчи.

Условно чистый доход и рентабельность применения удобрений составили 134–239 USD/га, или 27–45 % (табл. 2).

Применяемые системы удобрения не оказали значимого влияния на содержание крахмала (75,5–77,7 % при НСР<sub>05</sub> 2,9 %) и жира (4,8–5,1 % при НСР<sub>05</sub> 0,4 %) в зерне кукурузы, но существенно повлияли на содержание протеина (табл. 3). Минимальное содержание протеина в зерне кукурузы отмечено в неудобренном варианте – 6,9 %, при внесении подстилочного навоза КРС осенью – 7,1 %, оставлении его в виде мульчи – 6,7 %, при запашке соломы с компенсирующей дозой азота – 7,1 %, с микробиологическим удобрением Жыцень – 7,2 %. Максимальное содержание протеина (8,1–8,4 %) характерно для вариантов с внесением полных доз минеральных удобрений как при минеральной системе удобрения, так и на фоне осеннего, весеннего применения подстилочного навоза КРС и соломы с микроэлементами. Однако следует подчеркнуть, что содержание крахмала в зерне кукурузы имеет обратную зависимость в сравнении с накоплением протеина, т.е. в вариантах с более высоким содержанием протеина отмечается более низкое содержание крахмала и наоборот.

Таблица 3

**Влияние удобрений на показатели качества зерна кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве, среднее за 2016–2019 гг.**

Вариант	Про-теин	Крах-мал	Жир	Кор-мовые единицы	Про-теин	Крах-мал	Жир
	процент в сухом веществе			сбор, ц/га			
Без удобрений	6,9	77,7	5,0	59	2,65	29,9	1,93
N <sub>90+60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	8,1	75,7	4,8	118	6,26	58,7	3,76
ПН КРС (осенью)	7,1	77,2	5,0	86	4,05	43,7	2,85
ПН КРС(осенью) + N <sub>90+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	8,1	75,6	4,8	122	6,52	60,7	3,87
ПН КРС (мульча)	6,7	77,7	5,1	101	4,44	51,3	3,35
ПН КРС (мульча) + N <sub>90+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	7,8	76,0	4,8	136	6,99	67,8	4,31
ПН КРС (весной)	7,7	76,9	4,8	107	5,40	54,0	3,38
ПН КРС(весной) + N <sub>90+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	8,4	75,5	4,8	135	7,41	66,7	4,23
Солома + ЖН КРС, 30 т/га	7,4	76,7	5,0	103	4,98	51,6	3,36
Солома + ЖН КРС, 30 т/га + B <sub>0,10</sub> Zn <sub>0,15</sub>	7,4	76,8	4,8	112	5,45	56,5	3,55
Солома, 6,1 т/га	7,4	76,9	5,0	73	3,58	37,1	2,41
Солома + N <sub>37</sub>	7,1	77,2	5,0	88	4,08	44,5	2,90
Солома + Жыцень	7,2	77,0	5,1	92	4,33	46,4	3,07
Солома + N <sub>90+60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	7,9	76,0	4,8	124	6,42	61,7	3,93
Солома + N <sub>90+60</sub> P <sub>70</sub> *K <sub>67</sub> *	7,7	76,5	4,8	120	6,06	60,3	3,81
Солома+ N <sub>90+60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>150</sub> B <sub>0,10</sub> Zn <sub>0,15</sub>	8,2	75,5	5,0	137	7,39	68,1	4,49
Солома + N <sub>45+30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>75</sub> B <sub>0,10</sub> Zn <sub>0,15</sub>	7,5	76,7	5,0	121	5,89	60,7	3,96
Солома+N <sub>45+30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>75</sub> +Агропон	7,6	76,4	5,0	120	5,98	60,0	3,90
Солома + N <sub>45+30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>75</sub> + Экосил	7,3	76,7	5,0	115	5,53	57,8	3,76
НСР <sub>05</sub>	0,5	2,9	0,3	8,0			

В зависимости от вариантов опыта сбор протеина с зерном кукурузы в среднем за 3 года изменялся от 2,65 до 7,41 ц/га, крахмала – от 29,9 до 68,1 ц/га, жира – от 1,93 до 4,49 ц/га. Самый высокий сбор кормовых единиц (137,4 ц/га), протеина (7,39 ц/га), крахмала (68,1 ц/га) и жира (4,49 ц/га) отмечен в варианте Солома +  $N_{90+60}P_{90}K_{150}B_{0,10}Zn_{0,15}$ . Близкие показатели были в варианте с внесением  $N_{90+30}P_{60}K_{120}$  на фоне весеннего применения подстилочного навоза КРС (табл. 3).

В среднем по опыту обеспеченность протеином 1 к.ед. кукурузы ЕС Палацио составила 50 г, крахмалом – 503 г, жиром – 32 г.

Урожайность листостебельной массы кукурузы в среднем по двум полям, в зависимости от варианта опыта, в условиях 2016–2019 гг. составила 7,8 т/га (в пересчете на влажность 16 %), изменяясь в зависимости от вариантов опыта от 5,8 т/га до 10,3 т/га, при этом на 1 ц зерна в среднем получено 1,2 ц соломы с колебанием по вариантам 0,9–1,3.

Выполнен химический анализ зерна и листостебельной массы кукурузы. Установлено, что содержание азота в зерне кукурузы было в пределах 1,15–1,39 %, в соломе – 0,63–1,05 %, фосфора в зерне – 0,49–0,74 %, в соломе – 0,32–0,53 %, калия в зерне – 0,43–0,48 %, в соломе – 1,13–1,92 %.

Важным критерием оценки влияния изучаемых систем удобрения на состояние плодородия почвы является фактическое изменение основных агрохимических показателей. Применение различных систем удобрения в опыте оказало неодинаковое влияние на изменение содержания гумуса, так как роль органических и минеральных удобрений принципиально различна. Органические удобрения прямо и косвенно влияют на гумус почвы: в почву поступает органическое вещество самих удобрений и большее количество пожнивных остатков за счет увеличения урожайности от применения удобрений. Минеральные удобрения оказывают влияние на гумус почвы преимущественно за счет прироста биомассы растительных остатков.

В вариантах с внесением соломы под кукурузу за 3 года было в среднем запахано 2,9 т/га соломы овса (предшественник кукурузы) и 15,4 т/га листостебельной массы кукурузы. При запашке соломы для создания оптимального соотношения C/N, согласно вариантам опыта, за 3 года в почву дополнительно внесено 111 кг/га азота и 150 т/га жидкого навоза КРС. В пересчете на условный навоз, за ротацию севооборота в вариантах с запашкой соломы возделываемых культур в почву внесено в среднем 64 т/га условного навоза.

В результате агрохимического анализа почвенных образцов, отобранных поделяночно перед закладкой опыта и через три года, установлено, что бездефицитный баланс гумуса обеспечила органоминеральная система удобрения, где в качестве органических удобрений применяли подстилочный навоз КРС или солому возделываемых культур (рис. 6).

При возделывании кукурузы без применения удобрений отмечено снижение содержания гумуса в почве на 0,09 %. Применение минеральных удобрений способствовало некоторому уменьшению дефицита гумуса по сравнению с неудобренным вариантом: его содержание за 3 года снизилось на 0,02 % по сравнению с исходным.

Содержание в почве подвижных форм фосфора в вариантах с органоминеральной системой удобрения (при внесении полных доз фосфорных удобрений) увеличилось на 15–36 мг/кг почвы, при внесении скорректированных доз фосфора с учетом его содержания в запаханной соломе – содержание  $P_2O_5$  увеличилось

на 9 мг/кг почвы (рис. 7). В удобренном варианте и вариантах с органической системой удобрения, где вносили только солому и солому с жидким навозом КРС, отмечено снижение содержания подвижных форм фосфора в почве на 14–22 мг/кг почвы. В вариантах с внесением половинной дозы NPK содержание подвижных форм фосфора в почве осталось на исходном уровне.

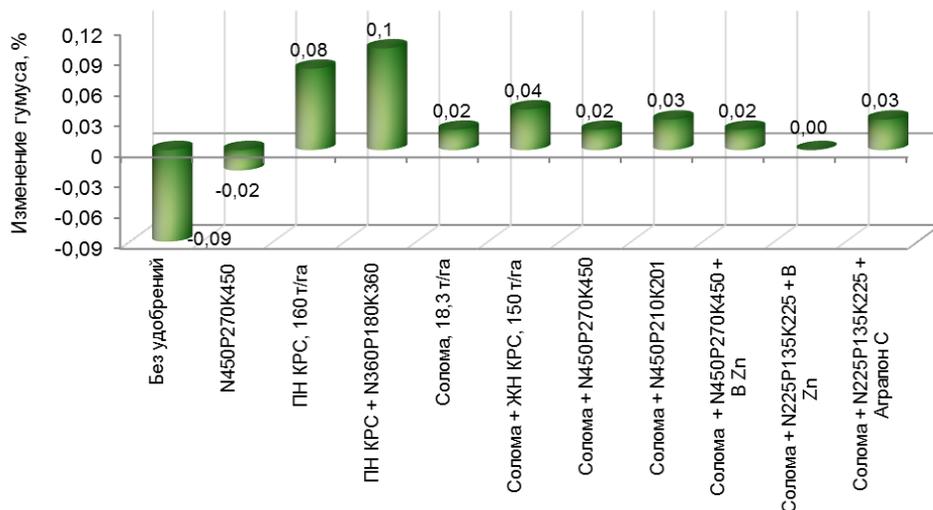


Рис. 6. Влияние систем удобрения на изменение содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве

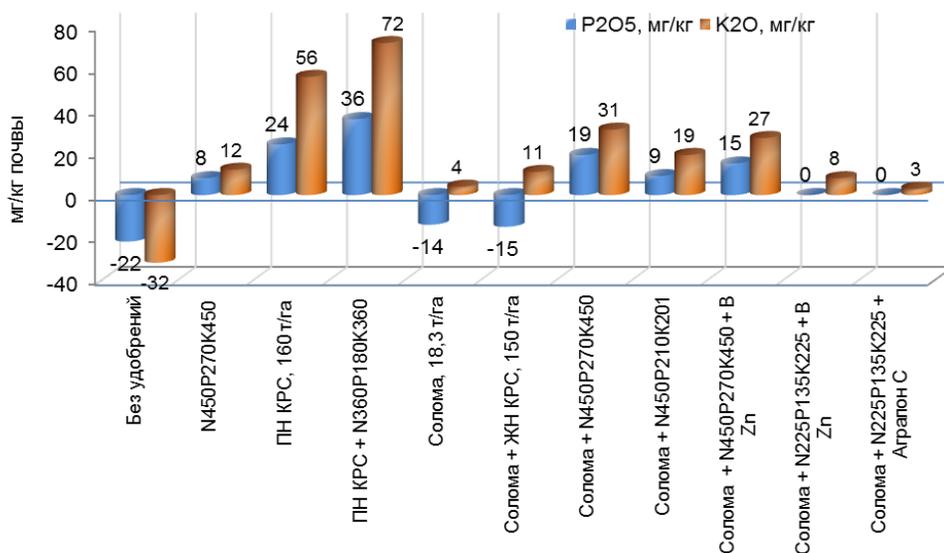


Рис. 7. Влияние систем удобрения на изменение содержания подвижных форм фосфора и калия в дерново-подзолистой супесчаной почве

Также заметные изменения произошли и с содержанием в почве подвижных форм калия. При возделывании кукурузы бессеменно в течение трех лет отмечено снижение содержания подвижных форм калия в почве только в удобренном

варианте (на 32 мг/кг). Близким к исходному содержанию калия в почве осталось в вариантах с запашкой соломы как с компенсирующими дозами азота, так и без них, и с внесением по соломе половинной дозы NPK. Максимальное увеличение подвижных форм калия в почве (на 72 мг/кг) отмечено в вариантах с внесением минеральных удобрений по фону подстилочного навоза КРС. При внесении скорректированных доз калия с учетом его высвобождения из запаханной соломы содержание  $K_2O$  в почве также увеличилось, но в меньшей степени – на 19 мг/кг.

## ВЫВОДЫ

При возделывании кукурузы на среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве максимальную урожайность зерна (104,9 ц/га) в среднем за 3 года обеспечило внесение по фону соломы  $N_{90+60}P_{90}K_{150}$  с некорневой обработкой посевов микроудобрениями  $B_{0,10}Zn_{0,15}$  в фазу 6–8 листьев кукурузы, что на 60,2 ц/га, или на 135 %, выше, чем в неудобренном варианте, условно чистый доход за счет применения данного агроприема составил 401 USD/га, рентабельность – 105 %, при себестоимости 1 т зерна кукурузы в 64 USD. При данной системе удобрения получен самый высокий сбор кормовых единиц (137 ц/га), протеина (7,39 ц/га), крахмала (68,1 ц/га) и жира (4,49 ц/га).

Наиболее агроэкономически эффективным было внесение по фону соломы  $N_{45+30}P_{45}K_{75}$  с некорневой обработкой стимулятором роста Агропон С: урожайность составила 91,4 ц/га, условно чистый доход – 366 USD/га, рентабельность – 152 %, при себестоимости 1 т зерна кукурузы в 52 USD; микроудобрениями  $B_{0,10}Zn_{0,15}$ : урожайность – 92,0 ц/га, условно чистый доход – 362 USD/га, рентабельность – 143 %, себестоимость – 53 USD/т.

При размещении посевов кукурузы вблизи животноводческих комплексов эффективным приемом является внесение компенсирующей дозы азота по соломе в составе жидкого навоза КРС: в опыте урожайность зерна кукурузы составила 78,2 ц/га, условно чистый доход от данного агроприема – 287 USD/га, рентабельность – 193 %.

В хозяйствах с невысоким поголовьем скота или его отсутствием, а также на полях, отдаленных от ферм, транспортировка органических удобрений к которым связана со значительными затратами, рекомендуется заделка в почву измельченной соломы, обработанной микробиологическим удобрением Жыцень (3 л/га): в опыте урожайность зерна кукурузы составила 70,1 ц/га, условно чистый доход от применения удобрений – 234 USD/га, рентабельность – 243 %.

В среднем за 3 года по опыту обеспеченность 1 к.ед. гибрида кукурузы ЕС Палацио протеином составила 50 г, крахмалом – 503 г, жиром – 32 г.

Бездефицитный баланс гумуса с тенденцией к увеличению за ротацию севооборота обеспечила органоминеральная система удобрения, где в качестве органических удобрений применяли подстилочный навоз КРС или листостебельную массу кукурузы.

Внесение полных доз фосфорных и калийных удобрений в вариантах с запашкой соломы способствовало увеличению подвижных форм  $P_2O_5$  в почве на 15–19 мг/кг,  $K_2O$  – на 37–31 мг/кг почвы. При внесении скорректированных доз, с учетом содержания фосфора и калия в запаханной соломе, содержание подвижных форм  $K_2O$  в почве увеличилось на 19 мг/кг,  $P_2O_5$  – на 9 мг/кг. В вариантах с

внесением  $N_{45+30}P_{45}K_{75}$  с некорневой обработкой стимулятором роста Агропон С или микроэлементами  $B_{0,10}Zn_{0,15}$  содержание гумуса и подвижных форм фосфора и калия осталось на исходном уровне или близком к исходному.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания по учету и применению органических удобрений / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2007. – 16 с.
2. Сидоров, М. И. Использование соломы на удобрение / М. И. Сидоров // Земледелие. – 1988. – № 11. – С. 48–50.
3. Богатырева, Е. В. Использование соломоразлагающих биопрепаратов в зоне неустойчивого разложения Ставропольского края / Е. В. Богатырева // Земледелие. – 2013. – № 8. – С. 14–16.
4. Серая, Т. М. Темпы разложения соломы сельскохозяйственных культур в дерново-подзолистых почвах / Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, О. М. Бирюкова // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – № 4(83). – С. 6–9.
5. Русакова, И. В. Воспроизводство плодородия почв на основе использования возобновляемых биоресурсов / И. В. Русакова // Агрохимический вестник. – 2013. – № 4. – С. 7–12.
6. Землянов, И. Н. Применение соломы и минеральных удобрений в зернопашном севообороте / И. Н. Землянов // Земледелие. – 2007. – № 6. – С. 18–19.
7. Русакова, И. В. Оценка влияния длительного применения соломы на производство органического вещества дерново-подзолистой почвы / И. В. Русакова, А. И. Еськов // Докл. Рос. сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 5. – С. 28–31.
8. Halloran, J. P. Spatial variability of soil phosphorus as influenced by soil texture and management / J. P. Halloran, R. G. Kachanoski, W. B. Stewart // Canad. J. of Soil Sci. – 1985. – V. 65. – № 3. – P. 475–487.
9. Wagar, B. I. Changes with time in the form and availability of residual fertilizer phosphorus on chernozemic soils / B. I. Wagar, J. W. B. Stewart, J. O. Moir // Canad. J. of Soil Sci. – 1986. – V. 66. – № 1. – P. 105–119.
10. Высвобождение элементов питания при заделке соломы в дерново-подзолистые почвы в зависимости от ее видового состава и удобрения азотом / Т. М. Серая [и др.] // Агрохимия. – 2013. – № 3. – С. 70–77.

### THE INFLUENCE OF DIFFERENT FERTILIZER SYSTEMS ON THE AGRO-ECONOMIC EFFICIENCY OF CULTIVATION OF CORN FOR GRAIN ON SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL

T. M. Seraya, E. N. Bogatyrova, S. A. Kasyanchik,  
T. M. Kirdun, Y. A. Belyavskaya, M. M. Torchilo

#### Summary

In the field technological experience on sod-podzolic sandy loam soil it was found that the most agroeconomically effective was the  $N_{45+30}P_{45}K_{75}$  application on the background of straw with non-root treatment with Agropon C growth stimulant: the yield was

11.3 t/ha, conditional net income – 485 USD/ha, profitability – 174 % at the cost of 1 ton of corn grain gain 47 USD. With this system of fertilizer, the content of humus and mobile forms of phosphorus and potassium for the years of study remained at the initial level or close to the one.

*Поступила 06.12.19*

УДК 631.816:[633.12+633.491]:631.445.24

## **ВЛИЯНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ГРЕЧИХИ И КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**Г. В. Пироговская, С. С. Хмелевский, В. И. Сороко, О. И. Исаева,  
И. Н. Некрасова, Е. Н. Голоскок, Е. Н. Миронова**

*Институт почвоведения и агрохимии,  
г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

По своему физиолого-биологическому значению сера для растений находится в одном ряду с азотом, фосфором и калием. Она входит в состав белков, растительных масел, ферментов, витаминов, фитонцидов, играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах в растениях, участвует в процессах дыхания и синтеза незаменимых аминокислот, витаминов, ферментов, в углеводном и азотном обмене, синтезе хлорофилла и ассимиляции нитратов растениями, принимает активное участие в азотном обмене, круговороте элементов (К, Са, Mg, Al), способствует синтезу растительных белков. Недостаток этого элемента в почве снижает содержание хлорофилла в листьях, задерживает деление и рост клеток растений.

При невысоком уровне урожайности потребление растениями серы компенсируется, как правило, за счет высвобождения ее из минеральных и органических соединений почвы, а также за счет привнесения с атмосферными выпадениями и удобрениями. Однако вследствие существенного снижения в последние годы выбросов промышленными предприятиями сульфатов в атмосферу, применения высококонцентрированных удобрений, увеличения общей урожайности сельскохозяйственных культур, уменьшения объемов внесения органических удобрений, изменения структуры севооборотов, в ряде случаев наблюдается дефицит серы, что является причиной отрицательного баланса этого элемента в пахотных почвах и негативно влияет на урожайность и качество продукции.

В мировой практике применяется широкий ассортимент серосодержащих удобрений: сульфат аммония (24 % S), суперфосфат (13 % S), элементарная гранулированная сера (90 % S), сульфат аммония-натрия (22,6 % S), сульфат калия (17–18 % S), калимагnezия (15 % S), калимаг (13 % S), сульфат магния (28,6 % S), азофоска с серой (2 % S), азотосульфат (3–14 % S), сульфоаммофос (8–14 % S), сульфонитрат (5–7 % S), диамофоска с серой (1–3 % S), микроудобрения – мар-