

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.872:633.854.78:631.445.2

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЕГО ПО КУКУРУЗНОЙ СОЛОМЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева, Т.М. Кирдун, О.М. Бирюкова,
Ю.А. Белявская, М.М. Торчило

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в южных районах республики (в основном в Гомельской области) получает распространение возделывание подсолнечника на семена. Эта культура в силу мощной корневой системы, проникающей в почву до 3 м, способна давать хорошие урожаи семян в условиях неустойчивого выпадения осадков на легких почвах. Возделывание подсолнечника не только помогает решить проблему растительных жиров, но и вносит значительный вклад в производство белка [1–3].

Для получения высокого урожая семян подсолнечника необходимо создание оптимальных условий минерального питания в течение всего вегетационного периода. При сложившейся экономической ситуации, когда цены на минерально-сырьевые и энергоресурсы постоянно возрастают, важным приемом, способствующим удешевлению продукции, является запашка соломы на удобрение, которая в последние годы широко применяется в сельскохозяйственных организациях республики. В 2013 г. в хозяйствах было измельчено и запахано в почву около 4,6 млн т побочной продукции сельскохозяйственных культур, из которой 31 % (1411 тыс. т) приходилось на растительные остатки кукурузы [4]. С одной тонной сухих растительных остатков кукурузы в почву возвращается 9,3 кг азота, 3,6 кг фосфора и 16,4 кг калия. При планировании доз внесения удобрений под следующую культуру учет количества элементов питания, поступающих в почву с соломой предшествующей культуры, позволит снизить дозы внесения минеральных удобрений, что обеспечит увеличение рентабельности получаемой продукции.

Запашка соломы, обеспечивая повторное включение в круговорот биогенных элементов питания растений, не всегда даже с компенсирующими дозами азота обеспечивает повышение урожайности как отдельных сельскохозяйственных культур, так и в целом продуктивности севооборота [5, 6]. Влияние запаханной соломы предшественника на урожай последующей культуры зависит от совокуп-

ности многих факторов: возделываемой культуры, предшественника, количества запаханной побочной продукции, почвенно-климатических условий и т.д. В этой связи изучение возможности отказа от дополнительных доз азота по соломе и снижения доз фосфорных и калийных удобрений с учетом высвобождения фосфора и калия из запаханных растительных остатков кукурузы при возделывании подсолнечника позволит усовершенствовать систему удобрения подсолнечника при возделывании его по кукурузной соломе на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Цель исследований – установить влияние разных сроков и форм внесения дополнительного азота по кукурузной соломе и скорректированных доз фосфорных и калийных удобрений, с учетом содержания этих элементов в запаханной соломе, на урожайность семян подсолнечника на дерново-подзолистой супесчаной почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования с подсолнечником проводили в стационарном технологическом опыте в 2012-2013 гг. в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком, почве. Перед закладкой полевого опыта почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: pH_{KCl} 5,7–6,0, содержание гумуса – 2,15–2,64 %, подвижных форм P_2O_5 – 120–160 мг/кг почвы, K_2O – 135–172 мг/кг, обменных форм CaO – 885–1031 мг/кг, MgO – 172–218 мг/кг почвы.

Опыт заложен в двух последовательно открывающихся полях. Повторность вариантов в опыте – 4-кратная. Общая площадь делянки – 31,2 м² (2,6 × 12), учетная – 22 м² (2,2 × 10). Всего в опыте 15 вариантов в двух полях (120 опытных делянок). В опыте предусмотрено следующее чередование культур: кукуруза (2011, 2012 гг.) – подсолнечник (2012, 2013 гг.) – ячмень + сидеральный люпин (2013, 2014 гг.) – гречиха + сидеральный люпин (2014, 2015 гг.) – овес голозерный (2015, 2016 гг.).

Минеральные удобрения в виде карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия под подсолнечник согласно схеме опыта, представленной в таблице 1, внесены весной под предпосевную культивацию. Полная доза минеральных удобрений в основное внесение составила $N_{90}P_{60}K_{120}$. В вариантах, где дозы фосфорных и калийных удобрений скорректированы с учетом содержания фосфора и калия в побочной продукции предшественника, под подсолнечник внесено $N_{90}P_{40}K_{40}$, так как с запаханным количеством соломы под подсолнечник поступило 20 кг фосфора и 80 кг калия. Под подсолнечник запахано в среднем 6,3 т/га растительных остатков кукурузы (из расчета на стандартную влажность – 16%), внесена компенсирующая доза азота в виде карбамида (N_{30}) и жидкого навоза КРС (30 т/га).

Применяемые органические удобрения имели следующие показатели (в расчете на сухое вещество):

– жидкий навоз КРС: N – 2,87 %, P_2O_5 – 2,27 %, K_2O – 4,44 %, углерод – 30 %, влажность – 95 %; отношение C/N – 10.

– солома кукурузы: N – 1,10 %, P₂O₅ – 0,49 %, K₂O – 1,72 %, углерод – 47 %, влажность – 16 %; отношение C/N – 43.

Исследования проводили с гибридом подсолнечника Белинда. Способ сева подсолнечника – пунктирный с шириной междурядий 70 см. Норма высева семян – 4,0 кг/га. После посева подсолнечника провели довсходовую обработку почвенным гербицидом Гезагард, КС против однолетних двудольных и злаковых сорняков из расчета 3 л/га.

Химический анализ органических удобрений выполнен в соответствии с Государственными отраслевыми стандартами: определение рН_{KCl} – по ГОСТ 27979–88; влаги и сухого остатка – по ГОСТ 26713–85; органического вещества – по ГОСТ 2798088; общего азота – по ГОСТ 26715–85; общего фосфора – по ГОСТ 26717–85; общего калия – по ГОСТ 26718–85.

В растительных образцах общий азот, фосфор и калий определяли из одной навески после мокрого озолоения серной кислотой; азот – методом Къельдаля (ГОСТ 13496.4–93), фосфор – на спектрофотометре (ГОСТ 28901–91 (ИСО–6490/2–83)), калий – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97).

Экономическая эффективность рассчитана согласно методике [7]. Дисперсионный анализ экспериментальных данных выполняли согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) с использованием компьютерной программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия вегетационного периода в 2013 г. были более благоприятны для роста и развития растений подсолнечника, особенно в период созревания семян: обилие осадков в сентябре 2012 г. способствовало развитию серой гнили корзинок. В результате в целом по опыту урожайность семян в 2013 г. была на 25% выше по сравнению с 2012 г. В среднем за 2 года при соблюдении элементов технологии возделывания культуры получено 22,6 ц/га семян подсолнечника только за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 1). Внесение минеральных удобрений способствовало дополнительному формированию 13,4 ц/га семян, при этом на 1 кг NPK дополнительно получено 4,6 кг семян подсолнечника. Чистый доход от внесения минеральных удобрений составил 134 USD/га с рентабельностью 50 % (табл. 2). Максимальная урожайность семян подсолнечника сформирована в вариантах с запашкой соломы и применением минеральных удобрений и составила 36,3–38,6 ц/га (вар. 4, 5, 8, 11, 12, 14, 15).

Дополнительный азот по измельченной соломе вносили в виде карбамида (вар. 9–12) и в составе жидкого навоза KPC (вар. 6–8). Установлено, что во всех вариантах с запашкой соломы кукурузы без внесения NPK (вар. 3, 6, 9, 10, 13) получена достоверная прибавка урожая семян подсолнечника. В вариантах с внесением минеральных удобрений, на фоне заправки соломы отмечена только тенденция роста урожайности, т.е. прибавка от соломы была в пределах наименьшей существенной разницы. Отказ от внесения дополнительного азота по соломе кукурузы при заправке под подсолнечник в вариантах с внесением NPK, обеспечил снижение затрат на 28 USD/га без существенного снижения урожайности.

Эффективность соломы кукурузы при запашке ее с дополнительным внесением азота, как в виде карбамида, так и в составе 30 т/га жидкого навоза КРС была достаточно высокой: прибавка урожайности семян подсолнечника составила 8,3–9,3 ц/га. Запашка соломы кукурузы под подсолнечник без компенсирующих доз азота обеспечила прибавку семян 5,2 ц/га.

Разница в прибавке урожайности семян подсолнечника от осеннего и весеннего внесения дополнительного азота по соломе была достоверной: за счет осеннего внесения азота получено 3,1 ц/га, весеннего – 3,9 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

Влияние удобрений и сроков дополнительного внесения азота при запашке соломы кукурузы на урожайность семян подсолнечника (влажность 8%), 2012–2013 гг.

№ п/п	Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, ц/га			
			к контролю	от NPK	от соломы	от доп. N
1	Без удобрений	22,6	–	–	–	–
2	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₄₀	36,0	13,4	13,4	–	–
3	Сидераты* + солома	26,6	4,0		4,0	–
4	Сидераты + солома + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	36,3	13,7	9,7	0,3	–
5	Сидераты + солома + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀ **	36,5	13,9	9,9	0,5	–
6	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га	31,9	9,3	–	9,3	–
7	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	36,8	14,2	4,9	0,8	–
8	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀ **	38,2	15,6	6,3	2,2	–
9	Солома + N ₃₀ весной	31,7	9,1	–	9,1	3,9
10	Солома + N ₃₀ осенью	30,9	8,3	–	8,3	3,1
11	Солома + N ₃₀ осенью + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	36,5	13,9	5,6	0,5	-1,3
12	Солома + N ₃₀ осенью + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀ **	37,8	15,2	6,9	1,8	-1,3
13	Солома	27,8	5,2	–	5,2	–
14	Солома + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	37,8	15,2	10,0	1,8	–
15	Солома + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀ **	38,6	16,0	10,8	2,6	–
	НСР ₀₅	2,7				

* Последействие сидерального люпина;

** Варианты с внесением уменьшенных доз фосфорных и калийных удобрений, с учетом содержания в соломе кукурузы.

В вариантах 5, 8, 12 и 15, где дозы фосфорных и калийных удобрений скорректированы с учетом содержания фосфора и калия в соломе кукурузы, которая была запахана под подсолнечник, урожайность семян была на уровне полных доз минеральных удобрений в соответствующих вариантах (вар. 4, 7, 11 и 14). В результате, снижение доз фосфорных и калийных удобрений позволило снизить затраты на удобрения на 50 USD/га, или на 27 %.

Таким образом, на дерново-подзолистой супесчаной почве при возделывании подсолнечника на семена, предшественником которого является кукуруза на зерно, дозы фосфорных и калийных удобрений под подсолнечник целесообразно

уменьшить с учетом высвобождения данных элементов из соломы кукурузы. Если с основным удобрением под подсолнечник планируется внесение азотных удобрений, компенсирующие дозы азота по соломе не требуются. В комплексе это позволит снизить затраты на удобрения (в опыте на 77 USD/га) без снижения урожайности.

Таблица 2

Экономическая эффективность применяемых удобрений при возделывании подсолнечника на семена (среднее за 2012–2013 гг.)

№ п/п	Вариант	Общие затраты, USD/га	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
1	Без удобрений	–	–	–
2	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₄₀	269	134	50
3	Сидераты + солома	21	98	477
4	Сидераты + солома + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	271	139	52
5	Сидераты + солома + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	222	196	89
6	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га	124	157	127
7	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	348	78	22
8	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	305	162	53
9	Солома + N ₃₀ весной	75	198	264
10	Солома + N ₃₀ осенью	71	178	252
11	Солома + N ₃₀ осенью + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	299	118	40
12	Солома + N ₃₀ осенью + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	256	200	78
13	Солома	27	130	477
14	Солома + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	279	178	64
15	Солома + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	232	247	106

Содержание азота в семенах подсолнечника в зависимости от варианта опыта изменялось в пределах 1,66–2,33 %, фосфора – 1,19–1,45 %, калия – 1,11–1,24 %, кальция – 0,13–0,18 %, магния – 0,40–0,43 % (табл. 3). Содержание элементов питания в соломе подсолнечника было следующим: 0,70 % азота, 0,29 % фосфора, 3,36 % калия, 1,23 % кальция, 0,40 % магния.

Таблица 3

Влияние удобрений на химический состав семян и соломы подсолнечника, среднее за 2012–2013 г.

№ п/п	Вариант	Семена, % в сухом веществе					Солома, % в сухом веществе				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1	Без удобрений	1,66	1,31	1,14	0,18	0,43	0,61	0,31	3,05	1,30	0,37
2	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₄₀	2,12	1,29	1,14	0,14	0,43	0,89	0,30	2,92	1,16	0,40
3	Сидераты* + солома	1,80	1,42	1,16	0,16	0,42	0,60	0,31	3,60	1,32	0,39
4	Сидераты + солома + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,10	1,34	1,16	0,14	0,43	0,61	0,29	3,65	1,26	0,42

№ п/п	Вариант	Семена, % в сухом веществе					Солома, % в сухом веществе				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
5	Сидераты + солома + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	2,00	1,39	1,17	0,14	0,41	0,70	0,24	3,49	1,20	0,39
6	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га	1,84	1,38	1,14	0,15	0,41	0,53	0,31	3,29	1,18	0,30
7	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,10	1,42	1,19	0,14	0,40	0,74	0,27	3,72	1,20	0,36
8	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	2,24	1,33	1,11	0,15	0,42	0,79	0,32	3,30	1,33	0,42
9	Солома + N ₃₀ весной	2,22	1,43	1,10	0,13	0,41	0,63	0,34	3,43	1,17	0,39
10	Солома + N ₃₀ осенью	1,93	1,40	1,12	0,15	0,42	0,70	0,26	3,12	1,30	0,41
11	Солома + N ₃₀ осенью + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,15	1,45	1,18	0,14	0,40	0,72	0,23	3,42	1,07	0,39
12	Солома + N ₃₀ осенью + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	2,21	1,33	1,13	0,14	0,41	0,82	0,27	2,76	1,37	0,55
13	Солома	2,00	1,38	1,24	0,15	0,43	0,77	0,37	3,66	1,46	0,42
14	Солома + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,08	1,29	1,24	0,14	0,40	0,86	0,35	3,37	1,28	0,43
15	Солома + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	2,21	1,37	1,19	0,15	0,42	0,70	0,29	3,29	1,26	0,37
	Среднее	2,06	1,34	1,16	0,15	0,41	0,70	0,29	3,36	1,23	0,40

В среднем для формирования урожайности семян подсолнечника было использовано из почвы и удобрений 105 кг азота, 59 кг фосфора, 220 кг калия, 71 кг кальция и 35 кг магния (табл. 4). В результате нормативный вынос элементов с 1 т семян и соответствующим количеством соломы подсолнечника составляет 31 кг азота, 17 кг фосфора, 65 кг калия, 21 кг кальция и 10 кг магния. Следует обратить внимание при планировании доз под подсолнечник на высокое потребление этой культурой калия и кальция.

В результате исследований установлено, что в среднем за 2 года урожайность соломы в опыте составила 60,9 ц/га. После уборки подсолнечника на семена в почву с этим количеством соломы возвратилось 2,4 т углерода, 38 кг азота, 16 кг фосфора, 183 кг калия, 66 кг кальция и 22 кг магния. При планировании доз внесения минеральных удобрений под последующую культуру севооборота (ячмень) эти количества целесообразно учитывать.

Таблица 4

Влияние удобрений на общий и удельный вынос элементов питания с семенами подсолнечника, 2012–2013 г.

№ п/п	Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1	Без удобрений	59	40	142	54	23	26	18	63	24	10
2	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₄₀	123	61	204	71	37	34	17	57	20	10

№ п/п	Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
3	Сидераты* + солома	70	49	179	59	27	26	18	68	22	10
4	Сидераты + солома + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	104	61	248	76	38	30	18	71	22	11
5	Сидераты + солома + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	112	64	243	74	37	30	17	64	20	10
6	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га	83	58	208	66	28	26	18	65	21	9
7	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	122	68	288	84	38	33	18	78	23	10
8	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	139	73	265	95	44	34	18	66	24	11
9	Солома + N ₃₀ весной	97	59	200	61	31	31	19	63	19	10
10	Солома + N ₃₀ осенью	84	51	156	55	28	27	17	50	18	9
11	Солома + N ₃₀ осенью + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	117	64	245	69	37	32	18	67	19	10
12	Солома + N ₃₀ осенью + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	129	64	206	87	47	34	17	55	23	13
13	Солома	84	51	181	63	28	30	18	65	23	10
14	Солома + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	125	67	241	80	39	33	18	64	21	10
15	Солома + N ₉₀ P ₄₀ K ₄₀	123	68	236	79	37	31	17	60	20	9
	Среднее	105	59	220	71	35	31	17	65	21	10

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве в среднем за два года наиболее высокая урожайность семян подсолнечника 36,3-38,6 ц/га сформирована при органо-минеральной системе удобрения с внесением в качестве органических удобрений 6,3 т измельченной соломы кукурузы.

2. Запашка соломы кукурузы без компенсирующих доз азота обеспечила повышение урожайности семян подсолнечника на 5,2 ц/га. Внесение дополнительного азота по соломе кукурузы обеспечило прибавку урожайности семян подсолнечника на уровне 3,9 ц/га при весеннем его внесении и 3,1 ц/га при осеннем внесении. В вариантах с внесением N₉₀P₆₀K₁₂₀ под подсолнечник дополнительное внесение азота по соломе было неэффективным. Отказ от внесения дополнительного азота по соломе кукурузы при запашке под подсолнечник обеспечил снижение затрат на удобрения на 27 USD/га без снижения урожайности.

3. Снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом содержания фосфора и калия в соломе кукурузы, которая была запахана под подсолнечник, обеспечило урожайность семян подсолнечника на уровне полных доз минеральных удобрений и позволило снизить затраты на удобрения на 50 USD/га, или на 27%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сикорский, А.В.* Подсолнечник в Беларуси. Аспекты возделывания / А.В. Сикорский, В.А. Радовня, В.В. Бобовкина // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 5 (76). – С. 24–25.
2. *Подлесный, С.* Продуктивность сортов подсолнечника в севооборотах с короткой ротацией / С. Подлесный, А. Бушнев // Главный агроном. – 2008. – № 11. – С. 23–26.
3. *Бобовкина, В.В.* Белорусские перспективы солнечных цветов / В.В. Бобовкина // Белорусское сельское хозяйство. – 2012. – № 2(118). – С. 44–48.
4. *Серая, Т.М.* Солома – тоже удобрение / Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // Белорусская нива. – 2013. – № 210. – С. 3.
5. *Никончик, П.И.* Что дает запашка соломы. И дает ли? / П.И. Никончик, А.Ч. Скируха // Земляробства и ахова раслін. – 2012. – С. 3–5.
6. Продуктивность севооборота и изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от систем удобрения / Т.М. Серая [и др.] // Агрохимия. – 2011. – № 11. – С. 28–35.
7. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2010. – 24 с.

IMPROVED FERTILIZER SYSTEM SUNFLOWER WHEN CULTIVATING WITH CORN STRAW PLOUGHING ON SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL

**T.M. Seraya, E.N. Bogatyrova, T.M. Kirdun, O.M. Biryukova,
Yu.A. Belyavskaya, M.M. Torchilo**

Summary

In studies on sod-podzolic sandy loam soil found that decrease doses of phosphorus and potassium fertilizers with regard to the content of phosphorus and potassium in straw plowed corn provided the yield of sunflower seeds at the level of full doses of mineral fertilizers by reducing the cost of fertilizer at 50 USD/ha In versions with application $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ under sunflower additional nitrogen in the straw inefficient and saves 27 USD/ha without reducing yields.

Поступила 17.11.14