

## EFFICIENCY OF NITROGEN AND POTASH FERTILIZERS IN ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED PEAT SOILS IN CULTIVATION PERENNIAL LEGUME-CEREAL GRASSES

N.N. Tsybulko, A.A. Zaitsev, A.V. Shashko

### Summary

On the anthropogenically transformed peat soil when the content in it moving phosphorus 700–790 and potassium 620–800 mg/kg of soil optimal doses of phosphate and potash fertilizers for perennial legume–cereal grasses are P90K180. Increasing the dose of potassium to 240 kg/ha is not significantly increases productivity, but reduces the return on fertilizer yield increase.

When the content of soil organic matter at the level of 50–55 % and mineral nitrogen 145–155 mg/kg of soil the most effective dose of nitrogen fertilizer is N60, providing on background P90K180 hay yield of 141.0 t/ha or 71.9 feed units, payback nitrogen and 27.5 und total (NPK) mineral fertilizer 10.9 fodder units. With increasing doses of nitrogen to 90 kg/ha of fertilizer efficiency decreases.

*Поступила 17.11.14*

УДК 631.8.022.3:633.854.78:631.445

## ВЛИЯНИЕ СТАНДАРТНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И СТРУКТУРУ УРОЖАЯ ЗЕЛеной МАССЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ И СВЯЗНОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВАХ

Г.В. Пироговская<sup>1</sup>, С.С. Хмелевский<sup>1</sup>, Г.М. Сафроновская<sup>1</sup>  
В.И. Сороко<sup>1</sup>, А.И. Исаева<sup>1</sup>, Т.В. Гарбузова<sup>1</sup>, А.А. Малицкая<sup>1</sup>  
В.В. Бобовкина<sup>2</sup>, Л.П. Шиманский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

<sup>2</sup>*Полесский институт растениеводства, г. Мозырь, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

Подсолнечник требователен к теплу, свету, влаге, плодородию почвы и предшественнику. Для нормального роста и развития культуры требуется определенное количество и соотношение основных элементов питания, которое зависит от уровня планируемой урожайности, содержания элементов питания в почве и предшественника. Около 50 % прироста урожайности сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси обеспечивают минеральные удобрения.

Известно, что подсолнечник отзывчив на внесение органических удобрений как в прямом действии, так и в последствии. Относительно использования минеральных удобрений подсолнечником существуют разные мнения. Одни исследователи считают, что наибольшее увеличение урожайности подсолнечника

обеспечивают азотно-фосфорные удобрения, внесение калийных удобрений не повышает урожай даже в сочетании с азотно-фосфорными [1].

На дерново-подзолистых, и главным образом, почвах легкого гранулометрического состава, а также торфяных, подсолнечник испытывает недостаток в калии и требует внесения повышенных доз калийных удобрений. На почвах с высоким содержанием калия культура может удовлетворять свои потребности в калии за счет его значительных запасов в этих почвах. Недостаток калийного питания задерживает рост стебля, вызывает преждевременное отмирание листьев нижнего и среднего ярусов. Критическим периодом поступления азота в растения является время от начала образования корзинки до конца цветения; фосфора – в фазе от появления всходов и до образования корзинки; калия – в период от появления корзинки до восковой спелости [2, 3].

Известно, что при возделывании подсолнечника в годы с различными погодными условиями, эффективность удобрений во многом зависит от комплексного применения всех агротехнических приемов на каждой конкретной почве с учетом содержания в ней подвижных соединений фосфора и калия [4–5].

В условиях республики актуальным направлением является усовершенствование технологии возделывания подсолнечника на основе изучения особенностей питания и сравнительной агрономической и экономической эффективности различных форм удобрений на основных почвенных разновидностях.

При разработке или усовершенствовании системы удобрения подсолнечника следует предусмотреть, чтобы отдача от применяемых новых агротехнических средств была направлена на сохранение и рациональное использование почвенной влаги и минеральных ресурсов, повышение плодородия почвы, увеличение урожайности культур.

Эта задача особенно актуальна в условиях изменения климата в Республике Беларусь, в сторону потепления и появления засушливых периодов, что позволяет более широко возделывать подсолнечник на зеленый корм и маслосемена, за счет чего снизятся закупки семян и масла за рубежом и затраты валюты на их приобретение.

В настоящее время большое внимание уделяется разработке и применению специальных видов комплексных минеральных удобрений с модифицирующими добавками (микроэлементами, в том числе и в хелатной форме, регуляторами роста растений, средствами защиты растений и т. д.) для различных сельскохозяйственных культур. При этом сравнительно мало данных в области разработки составов минеральных удобрений для подсолнечника.

Для условий Беларуси актуальным направлением является установление оптимальных доз внесения минеральных удобрений в интенсивных технологиях возделывания подсолнечника на дерново-подзолистых почвах, а также разработка новых форм комплексных удобрений с микроэлементами для основного внесения в почву, поскольку ранее такие разработки не проводились, что и определило цель наших исследований.

## **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

В 2012–2014 гг. в полевых стационарных опытах при возделывании подсолнечника Степок на дерново-подзолистых легкосуглинистой (ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области) и на дерново-подзолистой связносупесчаной,

сменяемой с глубины около 30 см рыхлой супесью, а с 1 м моренным суглинком, почве (п. Криничный Мозырского района Гомельской области) проведено изучение сравнительной эффективности стандартных и новых форм комплексных минеральных удобрений с микроэлементами (бором, магнием, медью и марганцем).

Агрохимическая характеристика пахотных горизонтов опытных полей перед закладкой опытов с подсолнечником следующая:

- дерново-подзолистая легкосуглинистая почва – содержание гумуса – 1,93–1,95 % (среднее по полям),  $N-NO_3$  – 10,2–10,9 мг/кг почвы, pH – 5,83–6,02, содержание подвижных форм  $P_2O_5$  – 472–592 и  $K_2O$  – 315–351 мг/кг почвы, обменных форм Ca – 1105–1374 и Mg – 92–135 мг/кг почвы, обеспеченность почвы подвижными соединениями микроэлементов средняя по содержанию бора (0,58 мг/кг почвы), подвижной меди (1,0 М HCl) – 2,8 и подвижного цинка – 3,3 мг/кг почвы, низкая – по обеспеченности подвижным марганцем (1,0 М KCl) – 1,6 мг/кг почвы;

- дерново-подзолистая связносупесчаная почва – содержание гумуса – 1,87–2,65 %,  $N-NO_3$  – 10,5–11,3 мг/кг почвы, pH – 5,97–6,16, содержание подвижных форм  $P_2O_5$  – 206–321 и  $K_2O$  – 218–352 мг/кг почвы, Ca – 834–914 и Mg – 133–165 мг/кг почвы, обеспеченность почвы по бору (0,34 мг/кг почвы), меди (2,02 мг/кг почвы) и цинку (3,87 мг/кг почвы) – средняя, по марганцу (1,9 мг/кг почвы) – низкая.

Комплексные удобрения, которые испытывались в полевых опытах при основном внесении в почву содержали основные элементы питания (N – в пределах от 10 до 16 %,  $P_2O_5$  – 9–18 %,  $K_2O$  – 18–25 %) и модифицирующие добавки ( $B_1$  – 0,15 %,  $B_2$  – 0,25 %,  $B_3$  – 0,35 %, B – 0,15 %, M – 1,5 %, В – 0,15 %, Cu – 0,21 %, В – 0,15 %, Mn – 0,15 %, В – 0,10 %, Mg – 0,9 %, Cu – 0,09 %, Mn – 0,09 %).

В качестве базовых вариантов для сравнительной оценки эффективности новых форм минеральных удобрений для основного внесения в почву являлись смеси стандартных удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) или комплексные удобрения без модифицирующих добавок (марка NPK = 16–11–24).

Анализ образцов почвы проведен по следующим методикам: pH – в KCl (ГОСТ 26483–85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову, в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207–91); обменные катионы ( $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ) – по ГОСТ 26487–85; содержание гумуса – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26213–91); определение подвижных форм микроэлементов в почве – по ОСТ 10144–88.

В растительных образцах определяли азот, фосфор, калий, кальций и магний после мокрого озоления по общепринятым методикам: азот – по ГОСТ 13496.4–93 п. 2; фосфор – спектрофотометрически; калий – на пламенном фотометре; кальций и магний – на атомно-адсорбционном спектрофотометре по ГОСТ 26570–95.

Учет урожайности зеленой массы подсолнечника и ее структурных (листья, стебли, корзинки) и качественных показателей проведен в фазе начала цветения.

Аналитическая обработка экспериментальных данных, полученных в опытах, выполнялась по общепринятым методикам.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа

на ПЭВМ, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы по годам и блокам.

Температура воздуха приведена по данным наблюдений Гидрометеоцентра (г. Минск и г. Мозырь), осадки – по лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (г. Минск). Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывался по Г.Т. Селянинову.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях 2012–2014 гг. в период вегетации подсолнечника погодные условия Минской и Гомельской областей значительно различались по годам:

- в ОАО «Гастелловское» Минского района сумма атмосферных осадков за апрель – август в условиях 2012 г. составила 321,7 мм, среднемесячная температура воздуха – 15,4 °С, сумма температур выше 5–10 °С – 2360,3 °С, ГТК = 1,36; соответственно в 2013 г. – 327,4 мм, 15,9 °С, 2432,8 °С и ГТК = 1,34; 2014 г. – 450,7 мм, 16,2 °С, 2481,1 °С, ГТК = 1,82; при среднемноголетнем за этот период – 360 мм осадков, среднемесячной температуре воздуха – 13,6 °С, сумме температур – 2092,7 °С, ГТК = 1,72;

- в п. Криничный, Мозырского района – в 2012 г. атмосферные осадки составили 489,0 мм, среднемесячная температура воздуха – 17,0 °С, сумма температур выше 5–10 °С – 2601,4 °С, ГТК = 1,88; в 2013 г. – 215,9 мм, 17,3 °С, 2648,9 °С, ГТК = 0,82; 2014 г. – 355,2 мм, 17,4 °С, 2661,7 °С, ГТК = 1,33; при среднемноголетнем за этот период – 350 мм осадков, среднемесячной температуре воздуха – 14,8 °С, сумме температур – 2266,9 °С, ГТК = 1,54. В целом вегетационный период возделывания подсолнечника в ОАО «Гастелловское» в 2012 и 2013 гг. характеризуется как оптимальный, 2014 г. – влажный; в п. Криничный – 2012 г. – влажный, 2013 г. – засушливый и в 2014 г. – оптимальный.

Изучение сравнительной эффективности различных доз и форм минеральных удобрений при возделывании подсолнечника на зеленую массу в центральной части республики (Минский район) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и в юго-восточной части (Мозырский район) на связносупесчаной почве показало, что в обоих местах произрастания подсолнечник приблизительно одинаково реагирует на минеральные удобрения. Так, урожайность зеленой массы подсолнечника на легкосуглинистой почве в среднем за 3 года по опыту составила 552 ц/га, а на связносупесчаной почве была несколько ниже (540 ц/га). Уровень прибавок зеленой массы (8 % влажности) по вариантам опыта от различных доз стандартных форм минеральных удобрений на легкосуглинистой почве был в пределах (вар. 2–10) от 76 до 190 ц/га, или 18–45 %, на связносупесчаной почве – от 54 до 181 ц/га, или 13–43 %; от азотных удобрений ( $N_{45}$ ,  $N_{60}$ ,  $N_{90}$  и  $N_{60+30}$  на фоне  $P_{60}K_{90}$  – вар. 3–6) – 45–114 ц/га, или 11–27 %, по сравнению с фоном ( $N_{16}P_{60}K_{90}$ ), или 29–45 % по отношению к контролю (табл. 1).

При этом лучшими дозами для формирования максимальной урожайности зеленой массы подсолнечника оказались  $N_{60}P_{60}K_{90}$  – 609 ц/га и  $N_{60}P_{80}K_{160}$  – 599 ц/га, с прибавкой к контролю на уровне 190 и 180 ц/га или 43–45 %. Увеличение урожайности за счет внесения фосфорного и калийного удобрения в дозе  $N_{16}P_{60}K_{90}$  кг/га д.в. (вар. 2) составило 76 ц/га, или 18 % по сравнению с контролем.

Таблица 1

Влияние стандартных форм минеральных удобрений на структуру и урожайность зеленой массы подсолнечника (80% влажности) на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносуглинистой почвах, 2012–2014 гг.

Вариант	Структура урожая зеленой массы												Урожайность зеленой массы, ц/га	
	Листья, ц/га			Стебли, ц/га			Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва			Дерново-подзолистая связносуглинистая почва			средняя	прибавка
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.		
	%			%			%			%				
1. Контроль	74	75	115	21,0	177	144	203	41,7	184	174	111	37,3	419	–
2. N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	71	80	111	17,6	188	153	215	37,4	356	185	127	44,9	495	76
3. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	119	90	119	20,2	209	142	229	35,8	380	187	147	44,0	540	121
4. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	112	138	150	21,9	202	216	227	35,3	375	269	140	42,9	609	190
5. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	112	110	136	20,4	252	158	246	37,4	461	171	107	42,2	584	165
6. N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	122	90	160	22,0	277	131	206	36,5	424	159	116	41,5	562	143
7. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	101	123	142	20,5	224	192	208	34,9	405	238	152	44,5	595	176
8. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	94	143	148	22,4	192	185	240	35,9	369	190	156	41,7	572	153
9. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	84	132	168	21,4	226	172	234	35,2	394	251	136	43,4	599	180
10. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>200</sub>	92	102	194	23,6	221	136	221	35,1	354	164	162	41,3	548	129
Среднее по опыту	98	108	144	21	217	163	223	37	370	199	135	42	552	148
НСР <sub>05</sub>	6,4	10,6	17,9	–	23,0	22,0	29,9	–	27,0	28,2	18,5	–	52,3	–
Дерново-подзолистая связносуглинистая почва														
1. Контроль	81	93,7	74	19,9	166	144	150	36,7	251	159	132	43,4	417	–
2. N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	76	75,7	83	16,6	186	148	151	34,4	294	187	212	49,0	471	54
3. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	79	83,7	111	17,6	206	177	170	35,5	295	201	232	46,9	518	101
4. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	82	93	111	17,4	220	161	179	34,2	321	236	234	48,4	546	129
5. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	75	95,7	126	17,5	222	167	208	35,2	290	240	273	47,3	566	149
6. N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	79	106	113	17,2	237	184	184	35,2	317	230	271	47,6	574	157
7. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	80	101,7	85	16,1	252	191	171	37,0	311	247	222	46,9	554	137
8. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	88	104,3	101	16,4	252	177	176	33,8	396	252	250	50,0	598	181
9. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	91	95	99	16,2	260	195	172	35,6	351	248	252	48,4	587	170
10. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>200</sub>	87	118,7	108	18,5	221	203	181	35,6	308	236	241	46,1	568	151
Среднее по опыту	81,8	96,75	101,1	17,3	222,2	174,7	174,2	35,3	313,4	223,6	231,9	47,5	540	123
НСР <sub>05</sub>	4,7	14,5	8,4	–	19,0	7,3	16,2	–	25,0	17,4	19,7	–	43,7	–

На дерново-подзолистой связносупесчаной почве прибавка зеленой массы подсолнечника от различных доз минеральных удобрений (вар.2–10) находилась в пределах от 54 до 181 ц/га, или 13–43 % по сравнению с контролем, от азотных удобрений – 47–103 ц/га, или 10–22 % по сравнению с фоном. Лучшими дозами для формирования максимальной урожайности зеленой массы на этой почве оказались  $N_{60}P_{80}K_{90}$  (сумма 230 кг/га д.в.) – 598 ц/га,  $N_{60}P_{80}K_{160}$  (сумма 300 кг/га д.в.) – 587 и  $N_{60+30}P_{60}K_{90}$  (сумма 240 кг/га д.в.) – 574 ц/га. Увеличение урожайности за счет внесения фосфорных и калийных удобрений в дозе  $N_{16}P_{60}K_{90}$  кг/га д.в. составило 54 ц/га или 13 %, за счет азотного удобрения – 11–25 %. В структуре урожая зеленой массы подсолнечника на момент уборки на легкосуглинистой и связносупесчаной почвах доля листьев составила 16,6–23,6 %, стеблей – 33,8–41,7 %, корзинок – 37,3–50,0 %.

Урожайность сухого вещества подсолнечника при уборке на зеленую массу на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зависимости от вариантов опыта в среднем за три года исследований находилась в пределах от 83,9 – 121,9, с прибавкой сухого вещества на уровне 15,2–38,0 ц/га по отношению к контролю, от азотных удобрений – 9,0–22,8 ц/га по отношению к фону  $N_{16}P_{60}K_{90}$ ; на дерново-подзолистой связносупесчаной почве эти показатели были следующие: урожайность сухого вещества в пределах от 83,4 до 94,1–119,7, с прибавкой сухого вещества – 10,7–36,3 ц/га по отношению к контролю и от азотных удобрений – 9,6–20,6 ц/га по отношению к фону  $N_{16}P_{60}K_{90}$ . Окупаемость 1 кг NPK на первой почве была самой высокой (18,4 кг сухой массы 1 кг NPK) при дозе внесения  $N_{60}P_{40}K_{90}$  и  $N_{60}P_{60}K_{90}$  – 18,1 на 1 кг NPK; на второй почве –  $N_{60}P_{80}K_{90}$  – 15,8 кг сухой массы 1 кг NPK и  $N_{60}P_{40}K_{90}$  – 14,4 на 1 кг NPK (табл. 2).

В полевых опытах при уборке подсолнечника на зеленую массу определялись также некоторые показатели структуры урожая зеленой массы, которые в среднем по вариантам (вар. 1–10) за 2012–2014 гг. были следующие: на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве – высота растений – 130,0 см, диаметр корзинки – 19,1 см, количество листьев на одном растении – 18,3 шт.; на дерново-подзолистой связносупесчаной почве – 136,6 см, 19,0 см и 24,6 шт./растение соответственно.

Таблица 2

**Влияние стандартных форм минеральных удобрений на урожайность сухого вещества при возделывании подсолнечника на зеленую массу на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносупесчаной почвах, 2012–2014 гг.**

Вариант	Урожайность сухого вещества, ц/га				прибавка		Окупаемость 1 кг NPK, кг сухой массы
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	прибавка		
					контролю	от азота	
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва							
1. Контроль (без удобрений)	87,2	78,8	85,8	83,9	–	–	–
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	123,0	83,6	90,6	99,1	15,2	–	9,2
3. $N_{45}P_{60}K_{90}$	141,4	83,6	99,2	108,1	24,2	9,0	12,4
4. $N_{60}P_{60}K_{90}$	137,8	124,6	103,4	121,9	38,0	22,8	18,1
5. $N_{90}P_{60}K_{90}$	164,8	88,0	97,8	116,9	33,0	17,8	13,8
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	164,6	76,2	96,4	112,4	28,5	13,3	11,9

Вариант	Урожайность сухого вещества, ц/га						Окупаемость 1 кг NPK, кг сухой массы
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	прибавка		
					контролю	от азота	
7. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	146,0	110,4	100,4	118,9	35,0	–	18,4
8. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	131,0	103,6	108,8	114,5	30,6	–	13,3
9. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	140,6	111,0	107,6	119,7	35,8	–	11,9
10. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>200</sub>	133,2	80,4	115,2	109,6	25,7	–	7,6
НСР <sub>05</sub>	10,1	5,4	8,3	8,2	–	–	–
Среднее по опыту	137,0	94,0	100,5	110,5	–	–	–
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва							
1. Контроль (без удобрений)	99,6	79,4	72,1	83,4	–	–	–
2. N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	111,2	82,2	89,0	94,1	10,4	–	6,5
3. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	116,0	92,4	102,6	103,7	20,3	9,6	10,4
4. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	124,6	98,0	104,8	109,1	25,7	15,0	12,3
5. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	117,4	100,6	121,4	113,1	29,7	19,0	12,4
6. N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	126,6	104,0	113,6	114,7	31,3	20,6	13,1
7. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	128,6	108,0	95,6	110,7	27,3	–	14,4
8. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	147,2	106,6	105,2	119,7	36,3	–	15,8
9. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	140,4	107,6	104,4	117,5	34,1	–	11,4
10. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>200</sub>	123,2	111,4	106,0	113,5	30,1	–	8,9
НСР <sub>05</sub>	6,8	5,1	5,9	6,0	–	–	–
В среднем по опыту	123,5	99,0	101,4	108,0	–	–	–

В полевых опытах с подсолнечником в условиях 2012–2014 гг. изучалась также эффективность новых форм комплексных удобрений с добавками В, Mg, Cu, Mn (в парных сочетаниях и в комплексе) на урожайность зеленой массы, сухого вещества и структуру урожая зеленой массы.

Урожайность зеленой массы подсолнечника (80 % влажности) с комплексным удобрением без добавок, марки 16–11–24 (базовый вариант) на легкосуглинистой почве в среднем за 3 года по опыту составила 514 ц/га, а на связносупесчаной почве – 561 ц/га. Применение в технологии возделывания подсолнечника новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в дозе N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> обеспечивало повышение урожайности зеленой массы на легкосуглинистой почве на 58–129 ц/га, или 11–21 % по сравнению с аналогичным комплексным удобрением без добавок. Наиболее эффективными комплексными удобрениями оказались NPK с В (0,25 %) с прибавкой 129 ц/га, NPK с В и Mn – 110 ц/га. При использовании комплексного удобрения с полным набором модифицирующих добавок (В, Mg, Cu, Mn) прибавка зеленой массы снизилась до 87 ц/га, но была достоверной. Соответственно на связносупесчаной почве прибавка урожайности зеленой массы от новых форм комплексных удобрений была от 30 до 63 ц/га, или 5–11 %. Лучше на этой почве сработали следующие удобрения: NPK с В (0,35 %) с прибавкой 63 ц/га, далее NPK с В, Mg (58 ц/га) и NPK с В, Mn (52 ц/га) (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние новых форм комплексных удобрений на структуру и урожайность зеленой массы подсолнечника (80 % влажности) на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносулпесчаной почвах, 2012–2014 гг.**

Вариант	Структура урожая зеленой массы										Урожайность зеленой массы, ц/га			
	Листья, ц/га		%		Стебли, ц/га		%		Корзинки, ц/га		%			
	2012 г.	2013 г.	2014 г.		2012 г.	2013 г.	2014 г.		2012 г.	2013 г.	2014 г.			
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва														
11. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> – базовый вариант	83	117	123	21,0	232	155	165	35,8	344	196	126	43,2	514	–
12. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B <sub>1</sub>	103	125	144	20,5	229	189	187	33,4	395	300	141	46,1	605	91
13. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B <sub>2</sub>	106	120	124	18,1	268	189	224	35,3	411	275	213	46,6	643	129
14. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B <sub>3</sub>	125	134	113	20,5	228	163	240	34,8	394	239	178	44,7	605	91
15. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B, Mg	132	114	105	19,6	244	182	232	36,6	386	220	180	43,8	598	84
16. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B, Cu	110	99	129	19,7	237	191	249	39,5	330	203	169	40,8	572	58
17. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B, Mn	129	107	135	19,9	254	169	269	36,9	443	220	146	43,2	624	110
18. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с Mg, B, Cu, Mn	122	116	153	21,7	205	185	166	30,8	471	204	180	47,5	601	87
Среднее по опыту	114	117	128	20	237	178	217	35	397	232	167	44	595	93
НСР <sub>05</sub>	6,4	10,6	17,9	–	23,0	22,0	29,9	–	27,0	28,2	18,5	–	52,3	–
Дерново-подзолистая связносулпесчаная почва														
11. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> – базовый вариант	109	100	99	18,4	286	183	182	38,7	272	237	215	43,0	561	–
12. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B <sub>1</sub>	90	104	102	17,6	265	185	167	36,7	321	216	235	45,8	561	0
13. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B <sub>2</sub>	100	106	103	17,1	260	202	180	35,5	378	247	231	47,3	602	41
14. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B <sub>3</sub>	109	110	108	17,5	285	192	192	35,7	397	236	244	46,8	624	63
15. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B, Mg	119	106	100	17,4	269	194	172	34,2	396	260	240	48,3	619	58
16. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B, Cu	87	125	107	17,9	298	186	188	37,9	290	249	244	44,2	591	30
17. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с B, Mn	91	108	97	16,2	274	204	185	36,1	393	253	233	47,8	613	52
18. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с Mg, B, Cu, Mn	105	128	104	19,0	257	199	186	36,2	307	252	235	44,8	591	30
Среднее по опыту	101,3	110,9	102,5	17,6	274,3	193,1	181,5	36,4	344,3	243,8	234,6	46,0	–	–
НСР <sub>05</sub>	4,7	14,5	8,4	–	19,0	7,3	16,2	–	25,0	17,4	19,7	–	43,7	–



Урожайность сухого вещества на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зависимости от форм комплексных удобрений (вар. 11–18) находилась в пределах от 102,8 до 128,6 ц/га, на связносупесчаной – от 112,2 до 124,9 ц/га. Прибавки сухого вещества от новых форм комплексных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве составили 11,7–25,8 ц/га, на связносупесчаной – от 5,8 до 12,6 ц/га по сравнению с базовым вариантом. Применение новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками позволяло повысить окупаемость 1 кг НРК на первой почве на 6,1–13,6 кг сухой массы, на второй – на 3,1–6,6 кг сухой массы (табл. 4).

Структура урожая зеленой массы подсолнечника в зависимости от форм комплексных удобрений изменялась в следующих пределах: на легкосуглинистой почве высота растений была в пределах от 131 до 135 см, количество листьев на растении – 15,8–19,4 шт., диаметр корзинки 18,7–20,3 см; на связносупесчаной – 139–143 см, 25–26 шт./растения и 18–20 см соответственно. При этом следует отметить, что ни на одной почве существенных различий в указанных показателях между вариантами не прослеживалось.

Таблица 4

**Влияние новых форм комплексных удобрений на урожайность сухого вещества при возделывании подсолнечника на зеленую массу на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносупесчаной почвах, 2012–2014 гг.**

Вариант	Урожайность сухого вещества, ц/га					Окупаемость 1 кг НРК, кг сухой массы
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	прибавка к базовому варианту	
<b>Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва</b>						
11. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> – базовый вариант	131,8	93,8	82,8	102,8	–	–
12. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В <sub>1</sub>	145,4	122,8	94,4	120,9	18,1	9,5
13. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В <sub>2</sub>	157,0	116,6	112,2	128,6	25,8	13,6
14. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В <sub>3</sub>	149,4	107,2	106,2	120,9	18,1	9,5
15. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В, Mg	152,6	103,2	103,4	119,7	16,9	8,9
16. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В, Cu	135,4	98,6	109,4	114,5	11,7	6,1
17. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В, Mn	165,4	99,2	110,0	124,9	22,1	11,6
18. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с Mg, В, Cu, Mn	159,6	101,0	99,8	120,1	17,3	9,1
НСП <sub>05</sub>	10,1	5,4	8,3	8,2	–	–
<b>Дерново-подзолистая связносупесчаная почва</b>						
11. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> – базовый вариант	133,4	104,0	99,2	112,2	–	–
12. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В <sub>1</sub>	135,2	101,0	100,6	112,3	0,1	–
13. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В <sub>2</sub>	147,6	111,0	102,8	120,5	8,2	4,3
14. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В <sub>3</sub>	158,2	107,6	108,8	124,9	12,6	6,6
15. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В, Mg	156,8	112,0	102,4	123,7	11,4	6,0
16. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В, Cu	135,0	112,0	107,6	118,2	5,9	3,1
17. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В, Mn	151,6	113,0	103,0	122,5	10,2	5,4
18. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с Mg, В, Cu, Mn	133,8	115,8	104,8	118,1	5,8	3,1
НСП <sub>05</sub>	6,8	5,1	5,9	6,0	–	–

Таблица 5

Агроэкономическая эффективность применения стандартных и комплексных минеральных удобрений при возделывании подсолнечника на зеленую массу на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносулещаной почвах, 2012–2014 гг.

Вариант (согласно схемы опыта)	Доза NPK, кг/га д.в.	Оплата 1 кг NPK кг з/м	Прибавка, ц/га к. ед.	Затраты, USD/га			Стоимость прибавки, USD/га	Прибыль, USD/га	Рентабельность, %
				NPK	Внесение	Уборка			
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва									
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	210	125,2	22,8	148,8	13,7	57,0	200,6	-18,8	-8,6
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	300	94,0	21,6	196,3	19,5	54,0	190,1	-79,7	-29,5
Комплексные формы удобрений									
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> – базовый вариант	190	50	11,4	127,5	8,6	28,5	100,3	-64,2	-39,0
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В <sub>1</sub>	190	47,9	22,3	134	8,6	55,8	196,2	-2,1	-1,0
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В <sub>2</sub>	190	67,9	26,9	135,2	8,6	67,3	236,7	25,7	12,2
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В <sub>3</sub>	190	47,9	22,3	136,1	8,6	55,8	196,2	-4,2	-2,1
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В, Mn	190	57,9	24,6	135,8	8,6	61,5	216,5	10,6	5,2
Дерново-подзолистая связносулещаная почва									
5. N90P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	240	62,0	17,9	173,6	15,6	44,7	157,3	-76,6	-32,7
8. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	230	78,7	21,7	178,7	15,0	54,3	191,1	-56,8	-22,9
6. N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	230	68,3	18,8	173,6	17,5	47,1	165,8	-72,4	-30,4
9. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	300	56,7	20,4	196,3	21,9	51,0	179,5	-89,7	-33,3
Комплексные формы удобрений									
11. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> – базовый вариант	190	75,8	17,3	127,5	8,6	43,2	152,1	-27,2	-15,2
14. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В <sub>3</sub>	190	108,9	24,8	134,0	8,6	62,1	218,6	13,9	6,8
15. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В, Mg	190	106,3	24,2	135,2	8,6	60,6	213,3	9,0	4,4
17. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> с В, Mn	190	103,2	23,5	135,8	8,6	58,8	207,0	3,8	1,9

Для расчета экономической эффективности применения минеральных удобрений выбраны варианты с наибольшей продуктивностью, т.е. перспективные дозы стандартных и новые формы комплексных удобрений с модифицирующими добавками. Экономические показатели определялись на основании расчетной прибавки продукции от 1 кг NPK, прибавки урожая на гектар посева за счет удобрений и нормативов затрат, связанных с применением удобрений в ценах 2014 года. Для определения прибыли рассчитали стоимость прибавки урожая, полученного за счет удобрений и затраты на получение прибавки урожая от удобрений в соответствии с методикой определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений [7]. Урожайность зеленой массы подсолнечника переведена в кормовые единицы с использованием коэффициента 0,12. Таким образом, прирост урожайности зеленой массы подсолнечника от удобрений, выраженный в кормовых единицах по лучшим вариантам опыта на легкосуглинистой почве составил 21,6–26,9 ц/га к.ед., на связно супесчаной почве – 17,3–24,8 ц/га к.ед. (табл. 5).

Установлено, что значения показателей экономической эффективности стандартных и комплексных минеральных удобрений при возделывании подсолнечника на зеленую массу на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связно супесчаной почвах определялись уровнем продуктивности культуры, которая в свою очередь зависела от гранулометрического состава почвы.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при возделывании подсолнечника на зеленую массу были эффективны варианты с внесением комплексного NPK с  $B_2$  (0,25 %) и NPK с B, Mn в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$ , обеспечившие получение прибыли 25,7 и 10,6 USD/га с рентабельностью 12,2 и 5,2%

На дерново-подзолистой связно супесчаной почве внесение комплексных NPK с  $B_3$  (0,35 %), NPK с B, Mg и NPK с B, Mn в дозе  $N_{60}P_{40}K_{90}$  прибыль от 3,8 до 13,9 USD/га с рентабельность на уровне 1,9–6,8 %.

## ВЫВОДЫ

1. При возделывании подсолнечника Степок на зеленую массу в центральной и юго-восточной части Республики Беларусь на дерново-подзолистой легкосуглинистой и связно супесчаной почвах установлено, что уровень прибавок зеленой массы от стандартных форм минеральных удобрений в дозах NPK 190–300 кг/га д.в. на первой почве составил 18–45%, на связно супесчаной – 13–43 % по сравнению с контролем. Урожайность зеленой массы подсолнечника на легкосуглинистой почве в вариантах с удобрениями находилась в пределах от 495 до 609 ц/га, при окупаемости 1 кг NPK – от 7,6 до 18,4 кг, а на связно супесчаной почве – 471–598 ц/га, при окупаемости 1 кг NPK – 6,5–15,8 кг.

2. Применение на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве комплексных удобрений с модифицирующими добавками обеспечивало увеличение урожайности зеленой массы на 58–129 ц/га, сухого вещества – на 11,7–25,8 ц/га по сравнению с внесением комплексного удобрения без добавок, а наиболее эффективными были варианты с внесением комплексного NPK с  $B_2$  и NPK с B, Mn в дозе  $N_{60}P_{40}K_{90}$ , обеспечившие получение прибыли 25,7 и 10,6 USD/га с рентабельностью 12,2 и 5,2 %; соответственно на связно супесчаной почве – 30–63 ц/га и 5,8–12,6 ц/га и NPK с  $B_3$ , NPK с B, Mg и NPK с B, Mn в дозе  $N_{60}P_{40}K_{90}$  с прибылью от 3,8 до 13,9 USD/га и рентабельностью на уровне 1,9–6,8 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильев, Д.С.* Подсолнечник / Д.С. Васильев – М.: Агропромиздат, 1990. – 174 с.
2. *Ткачев, П.Я.* Агротехника подсолнечника / П.Я. Ткачев. – М., 1959. – 134 с.
3. Биология, селекция и возделывание подсолнечника / О.И. Тихонов [и др.]; под общ. ред. О.И. Тихонова. – М.: Агропромиздат, 1991. – 281 с.
4. *Шпаар, Д.О.* возможности выращивания подсолнечника / Д. Шпаар, М.Т. Дорофеев, В.А. Щербаков // Земляробства і ахова раслін. – 1997 – № 2. – С. 12–15.
5. *Гомончук, И.И.* Возделывание подсолнечника масличного и сои в условиях Беларуси: метод. пособие / И.И. Гомончук, О.Г. Давыденко; Брестская ОСХОС НАН Беларуси. – Пружаны, 2008. – 43 с.
6. Отраслевой регламент. Возделывание подсолнечника на маслосемена. Типовые технологические процессы / В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2009. – 32 с.
7. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М. [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

## INFLUENCE OF STANDARD AND COMPLEX FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND YIELD STRUCTURE OF GREEN WEIGHT UNFLOWER ON SOD-PODSOLIC AND COHERENT SANDY LOAM SOIL

**G.V. Pirogovskaya, S.S. Khmelevsky, G.M. Safronovskaya, V.I. Soroko,  
A.I. Isaeva, T.V. Garbuzova, A.A. Malitskaya, V.V. Bobovkina, L.P. Shimansky**

### Summary

Data on influence of standard and complex fertilizers on productivity of green weight (leaves, stalks, baskets), dry substance and yield structure of sunflower (height of plants, quantity of leaves on a plant, diameter of a basket) on sod-podzolic light loamy (Minsk district of the Minsk region) and coherent sandy loam soil (Mozyr district of the Gomel region) are given.

*Поступила 20.11.14*