

## **Сравнительная оценка способов внесения удобрений под лен-долгунец в севообороте в зависимости от уровня плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы**

*В статье обобщены многолетние данные (1982–1991 гг.) по изучению влияния условий питания на урожайность и качество льна-долгунца в севообороте в зависимости от уровней почвенного плодородия. По совокупности количественных и качественных признаков урожая наиболее эффективной под лен следует считать дозу основного удобрения  $N_{45}P_{90}K_{120}$  на фоне низкого уровня почвенного плодородия и  $N_{30}P_{60}K_{90}$  на среднем и высоком уровнях.*

*Установлено, что локальное внесение является существенным элементом энергосберегающих систем удобрения. Внедрение его в сельскохозяйственное производство позволит снизить потребность в удобрениях более чем на 30%, повысить выход энергии с 1 га на 27–44% по сравнению с разбросным способом.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время большое внимание уделяется изысканию рациональных способов внесения удобрений, обеспечивающих максимальное использование питательных элементов растениями и способствующих повышению плодородия почвы. Научными учреждениями нашей страны и за рубежом уже в течение длительного периода времени проводятся исследования в данном направлении. Накоплен богатейший материал по

*The article sums up the data of many years' research (1982–1991) concerning the nutrition conditions influence upon the yields and quality of fiber flax in rotation depending on the levels of soil fertility. Taking into account quantitative and qualitative yield indicators the rate of the main fertilizer  $N_{45}P_{90}K_{120}$  on the background of the low fertility and  $N_{30}P_{60}K_{90}$  on the background of the middle and high level of fertility are considered to be the most effective for flax.*

*It has been stated that the local application is an essential element of the energy saving systems of fertilization. Their introduction into agriculture will permit to lower the requirements of fertilizers more than by 30%, will improve the energy output by 27–44% per ha in comparison with the broadcast application.*

локальному применению удобрений под ряд сельскохозяйственных культур. Однако недостаточно внимания уделено вопросам удобрения льна-долгунца, в частности, выявлению закономерностей возрастающих доз основного удобрения, вносимого лентами до посева, исследованию эффективности совместного внесения под лен макро- и микроудобрений, что явилось первым направлением в наших исследованиях. Одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на окупаемость

удобрений при ленточном способе их внесения, является обеспеченность почв питательными элементами. Имеются противоречивые мнения об оптимальных параметрах основных агрохимических показателей почвы. Это зависит не только от почвенно-климатических условий, типа севооборота, но и степени интенсификации земледелия и других факторов.

Существует мнение о том, что локальное (ленточное) внесение основной дозы туков эффективно только на бедных почвах, а на хорошо окультуренных его эффективность снижается до уровня разбросного. Этот вопрос в настоящее время очень важен потому, что возделывание сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям проводится, как правило, на почвах, хорошо обеспеченных питательными веществами. Изучение данного вопроса было вторым направлением наших исследований.

И наконец, локальное внесение, обеспечивающее размещение удобрений в зоне оптимальной позиционной доступности для корневых систем культурных растений, является более перспективным по эффективности и все шире используется в США и европейских странах. Сдерживающим моментом в применении локального внесения основного удобрения в республике является слабая обеспеченность техникой для его внесения, а также распространенное мнение о больших энергетических затратах этого способа внесения, по сравнению с разбросным [2]. Поэтому биоэнергетическая оценка результатов опыта являлась заключительным этапом проводимых нами экспериментов.

#### Методика исследований

Для решения поставленных вопросов на опытном поле кафедры агрохимии Белорусской сельскохозяйственной академии в 1982 г. в полевом севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве был заложен стационарный опыт с целью выявления оптимальных параметров агрохимических свойств почвы,

доз и способов внесения удобрений, обеспечивающих продуктивность севооборота 60–70 ц зерновых единиц с 1 га.

К весне 1982 г. были созданы три фона плодородия, которые различались по кислотности и степени обеспеченности почвы подвижными формами фосфора и калия: I фон имел низкий уровень плодородия (индекс окультуренности 0,43) –  $P_2O_5$  100–130,  $K_2O$  110–140 мг/кг почвы,  $pH_{\text{con}}$  5,0–5,4; II фон – средний (индекс окультуренности 0,69) –  $P_2O_5$  180–200,  $K_2O$  170–210 мг/кг почвы,  $pH_{\text{con}}$  5,6–5,8; III фон – высокий (индекс окультуренности 0,83) –  $P_2O_5$  280–300,  $K_2O$  240–280 мг/кг почвы,  $pH_{\text{con}}$  6,0–6,2.

Общая площадь опытной делянки составляла 87,5 м<sup>2</sup>. Повторность – четырехкратная. Схема опыта приведена в таблице 1. По данной схеме опыт закладывался на всех трех фонах плодородия почвы. Под картофель вносили подстилочный навоз на I фоне 50 т/га, II – 70 и III – 90 т/га. Из минеральных удобрений использовали нитрофоску, аммонийную селитру, двойной суперфосфат и хлористый калий. Локальное внесение удобрений осуществляли финской туковой сеялкой ЮКО-250 попеременно будущих посевных рядков на глубину 10 см при межленточном расстоянии 16 см. В последние годы для локального внесения удобрений использовали финскую зернотуковую сеялку ТУМе, совмещающую посев и ленточное внесение удобрений. Вразброс удобрения вносили под культивацию. Оно осуществлялось переоборудованной сеялкой СЗУ-3,6.

Подкармливали озимую рожь и клевер вразброс и путем щелевания дисковой сеялкой СЗ-3,6 на глубину 5–7 см.

Обработку почвы, сев и уход за посевами проводили в соответствии с агротехническими правилами, рекомендуемыми для условий Могилевской области. В опытах выращивали районированные и перспективные сорта сельскохозяйственных культур.

**Таблица 1.** Схема полевого опыта по изучению эффективности ленточного внесения удобрений в зависимости от уровня плодородия почвы

Варианты опыта	Картофель	Яровая пшеница + клевер	Клевер	Озимая рожь	Лен
1.	Навоз - фон	Рс-10 в рядки - фон (контроль)	Без удобрений (контроль)	Рс-10 в рядки - фон $N_{60}$ вразброс	Рс-10 в рядки - фон
2.	$N_{30}P_{30}K_{30}$ локально	$N_{60}P_{60}K_{60}$ вразброс	$P_{40}K_{60}$ вразброс осенью	$P_{90}K_{90}$ вразброс + $N_{60}$ с возобновлен. вегетации вразброс	$N_{30}P_{60}K_{90}$ вразброс
3.	$N_{60}P_{60}K_{60}$ вразброс	$N_{60}P_{60}K_{60}$ локально	$P_{40}K_{60}$ вразброс весной	$P_{90}K_{90}$ локально + $N_{60}$ с возобновлен. вегетации вразброс	$N_{30}P_{60}K_{90}$ локально
4.	$N_{30}P_{30}K_{30}$ вразброс + $N_{30}P_{30}K_{30}$ локально	$N_{60}P_{90}K_{90}$ вразброс + $N_{30}$ в фазу кушения	$P_{40}K_{60}$ локально осенью	$P_{90}K_{90}$ локально + $N_{60}$ в подкормку щелеванием	$N_{45}P_{90}K_{120}$ вразброс
5.	$N_{60}P_{60}K_{60}$ локально	$N_{60}P_{90}K_{90}$ локально + $N_{30}$ в фазу кушения	$P_{40}K_{60}$ локально весной	$P_{90}K_{90}$ вразброс + $N_{60}$ с возобновлен. вегетации + $N_{30}$ в трубкувание	$N_{45}P_{90}K_{120}$ локально
6.	$N_{90}P_{90}K_{90}$ локально	$N_{60}P_{120}K_{120}$ вразброс + $N_{30}$ в фазу кушения + $N_{30}$ в нач. трубкувания	$P_{60}K_{90}$ вразброс осенью	$P_{90}K_{90}$ локально + $N_{60}$ щелеванием + $N_{30}$ в фазу трубкувания	$N_{45}P_{90}K_{120}$ + $Zn_2$ локально
7.	$N_{60}P_{60}K_{60}$ вразброс + $N_{30}P_{30}K_{30}$ локально	$N_{60}P_{120}K_{120}$ локально + $N_{30}$ в фазу кушения + $N_{30}$ в фазу трубкувания	$P_{60}K_{90}$ локально осенью	$P_{90}K_{90}$ вразброс + $N_{60}$ весной щелеванием + $N_{30}$ в фазу трубкувания	$N_{45}P_{90}K_{120}$ + $Cu_5$ локально

Посев зерновых культур осуществляли сеялкой СЗУ-3,6 при норме высева 5 млн/га, клевера сеялкой Саксония – 8–10 кг/га, картофеля – картофелесажалкой СН-45 – 4 т/га, льна-долгунца – СЗЛ-3,6 с нормой высева 25 млн/га всхожих семян.

Химические анализы проводили согласно ГОСТам и методическим указаниям. Качество льнотресты определяли на Горещком льнозаводе инструментальным методом согласно ГОСТу 2975-73. Анатомический анализ поперечного сечения стебля проводили по методике Фурст. Микроскопические измерения осуществляли окуляр-микрометром на микроскопе МБИ-6 при увеличении в 308 раз.

Урожайность сельскохозяйственных культур учитывали методом сплошной поделочно-уборки и пересчитывали в ц/га при 100%-ной чистоте и стандартной влажности.

Основные цифровые данные, полученные в опытах, обработаны дисперсионным методом анализа в информационно-вычислительном центре БСХА на ЭВМ ЕС-1036.

Энергетическую эффективность изучаемых приемов оценивали в единых сопоставимых величинах (МДж) согласно методике БелНИИПА [3].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В течение двух ротаций полевого севооборота (1982–1991 гг.) складывались неодинаковые метеорологические условия как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. Однако, как показали наши исследования, действие доз, способов внесения удобрений и уровней плодородия почвы достаточно четко проявилось во все годы, существовала тесная связь и взаимообусловленность процессов роста и развития растений, усвоения ими питательных элементов с урожаем и качеством конечной продукции.

Многолетние исследования свидетельствуют о том, что удобрения существенно повышали урожайность соломы и семян льна. Ленточный способ внесения основного удобрения имел преимущество перед разбросным на всех изучаемых фонах почвенного плодородия. В частности, в зависимости от доз удобрений прибавки соломы от локализации удобрений на низком фоне плодородия составляли 0,53–0,64; на среднем – 0,70–0,95 и высоком – 0,55–0,60 т/га; семян соответственно 0,06–0,08; 0,05–0,07 и 0,08–0,09 т/га (табл.2).

Таблица 2. Урожайность соломы и семян льна-долгунца в зависимости от условий питания и почвенного плодородия, т/га

Варианты (фактор В)	Среднее за 1982-1991 гг.		Прибавка к контролю		Прибавка от локализации		Окупаемость 1 кг НРК		Доля урожая за счет удобрений, %	
	семена	солома	семян	соломы	семян	соломы	кг семян	кг соломы	семена	солома
Фон I (фактор А)										
1. Рс.б.10 - в рядки (фон)	0,46	4,41	-	-	-	-	-	-	-	-
2. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub> вразброс	0,67	6,00	0,21	1,59	-	-	3,7	33,3	45,7	36,0
3. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> локально	0,75	6,53	0,29	2,12	0,08	0,53	4,2	36,3	63,0	48,0
4. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> вразброс	0,79	6,69	0,33	2,28	-	-	3,1	26,2	71,7	51,7
5. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> локально	0,85	7,33	0,39	2,92	0,06	0,64	3,3	28,7	84,8	66,2
6. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> локально + Zn <sub>2,0</sub>	0,82	7,21	0,36	2,80	0,03	0,52	3,2	28,3	78,3	63,5
7. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> локально + Cu <sub>5,0</sub>	0,84	7,62	0,38	3,21	0,05	0,93	3,3	29,9	32,6	72,8
Фон II										
1. Рс.б.10 - в рядки (фон)	0,53	4,63	-	-	-	-	-	-	-	-
2. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub> вразброс	0,72	6,20	0,19	1,37	-	-	4,0	34,4	35,8	28,4
3. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> локально	0,79	6,90	0,26	2,07	0,07	0,70	4,4	38,3	49,0	42,9
4. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> вразброс	0,77	6,32	0,24	1,49	-	-	3,0	24,8	45,3	30,8
5. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> локально	0,82	7,27	0,29	2,44	0,05	0,95	3,2	28,5	54,7	50,5
6. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> локально + Zn <sub>2,0</sub>	0,83	7,54	0,30	2,71	0,06	1,22	3,3	29,6	56,6	56,1
7. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> локально + Cu <sub>5,0</sub>	0,85	7,57	0,32	2,74	0,08	1,25	3,3	29,7	60,4	56,7
Фон III										
1. Рс.б.10 - в рядки (фон)	0,54	4,67	-	-	-	-	-	-	-	-
2. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub> вразброс	0,72	5,92	0,18	1,23	-	-	4,0	32,9	33,3	26,8
3. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> локально	0,80	6,47	0,26	1,80	0,08	0,55	4,4	35,9	48,1	38,5
4. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> вразброс	0,79	6,02	0,25	1,35	-	-	3,1	23,6	46,3	28,9
5. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> локально	0,88	6,62	0,34	1,95	0,09	0,60	3,5	26,0	63,0	41,8
6. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> локально + Zn <sub>2,0</sub>	0,86	7,05	0,32	2,38	0,07	1,03	3,4	27,6	59,3	51,0
7. N <sub>45</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> локально + Cu <sub>5,0</sub>	0,85	6,89	0,31	2,22	0,06	0,77	3,3	27,0	57,4	47,5
НСР <sub>05</sub> для фактора А	0,01-0,04	0,13-0,48								
НСР <sub>05</sub> для фактора В	0,02-0,05	0,20-0,52								
НСР <sub>05</sub> для частного сравнения	0,01-0,05	0,40-0,69								

На всех фонах обеспеченности почвы элементами питания максимальная урожайность льнопродукции достигалась при локальном внесении  $N_{45}P_{90}K_{120}$ . В то же время следует отметить, что на среднем и высоком фонах плодородия почвы при ленточном внесении  $N_{30}P_{60}K_{90}$  получен более высокий урожай соломы льна, чем при внесении  $N_{45}P_{90}K_{120}$  разбросным способом, т.е. имеет место более экономное использование элементов питания в процессе формирования урожая. Это позволяет сделать вывод о том, что при локальном внесении удобрений под лен-долгунец дозы туков можно снижать на 30%.

При локализации удобрений возрастала и окупаемость 1 кг NPK. Особенно значительным было преимущество локализации при внесении под лен средних доз удобрений ( $N_{30}P_{60}K_{90}$ ). Окупаемость минеральных удобрений при этом составила 4,2–4,4 кг семян и 35,9–38,3 кг льносоломы.

Дополнение  $N_{45}P_{90}K_{120}$  цинком и медью при локальном внесении удобрений не способствовало достоверному повышению урожайности льнопродукции. Отмечена лишь тенденция к повышению урожая льносоломы от применения  $Cu_{5,0}$  совместно с полным минераль-

ным удобрением локально на низком фоне плодородия и от внесения  $Zn_{2,0}$  – на высоком фоне при  $pH_{\text{сол.}} > 6,0$ .

На содержание сырого жира изучаемые дозы, способы внесения удобрений и уровни плодородия почвы существенного влияния также не оказали. Однако важным показателем является не только относительное содержание запасных веществ, но и их выход в расчете на единицу площади. Практически, даже при одинаковом содержании жира в семенах льна при разбросном и локальном способах внесения удобрений, общий его сбор с гектара в последнем случае оказался намного выше (табл.3).

Условия питания наложили определенный отпечаток и на качество льнотресты. В наших исследованиях недостаток азота приводил к формированию низкого стеблестоя, снижал содержание волокнистых веществ, ухудшал качественные показатели (крепость, пригодность).

Наблюдалось увеличение качества льнотресты в прямой зависимости от увеличения количества вносимых удобрений, однако до определенного предела. Самый высокий средний номер тресты получен при внесении под лен удобрений в дозах  $N_{45}P_{90}K_{120}$  локально (2,25) на почве с низким уровнем плодородия и  $N_{30}P_{60}K_{90}$  ло-

Таблица 3. Влияние доз, способов внесения удобрений и уровней плодородия почвы на качество льнопродукции

Варианты опыта (см. по табл.1)	Среднее за 1987-1991 гг.						Среднее за 1982-1991 гг.	
	Треста				Волокно, %		Жиры	
	длина, см	пригодность*	крепость, кгс	средний номер	выход, всего	в т.ч. длинного	в семенах, %	выход, т/га
Фон I								
1	67	0,83	20	1,33	25,0	14	41,2	0,19
2	91	0,84	19	2,00	32,0	20	41,3	0,28
3	92	0,86	20	2,00	32,0	20	41,6	0,31
4	92	0,86	20	2,00	32,5	21	41,5	0,33
5	96	0,87	21	2,25	32,5	21	42,8	0,36
6	94	0,87	21	2,12	32,5	21	41,1	0,34
7	95	0,88	22	2,30	33,0	22	41,0	0,34
Фон II								
1	79	0,81	18	1,62	28,0	16	41,1	0,22
2	84	0,82	19	1,87	32,0	19	41,3	0,30
3	85	0,84	23	2,50	33,0	22	41,5	0,33
4	84	0,82	20	1,87	32,0	20	41,5	0,32
5	88	0,84	20	1,87	32,0	19	42,0	0,34
6	90	0,87	21	2,19	32,5	22	41,6	0,35
7	89	0,85	20	2,00	32,5	22	41,7	0,35
Фон III								
1	80	0,84	19	1,62	27,5	16	41,8	0,23
2	83	0,82	22	2,12	32,0	20	41,7	0,30
3	80	0,84	23	2,25	32,5	21	41,6	0,33
4	82	0,82	20	1,62	27,0	15	41,8	0,33
5	85	0,82	19	1,75	29,0	17	42,0	0,36
6	88	0,85	20	2,00	30,0	19	42,3	0,36
7	84	0,83	19	1,75	29,0	17	42,1	0,35

\* Пригодность – отношение массы пробы прочесанной тресты к ее первоначальной массе

кально (2,5 и 2,25) на почвах со средней и высокой обеспеченностью питательными элементами. Дальнейшее увеличение доз вносимых удобрений соответственно фонам почвенного плодородия приводило к снижению качества льнопродукции вследствие полегания посевов, а также из-за образования при избытке азота крупных лубяных волокон, грубых, с тонкими стенками и большим внутренним просветом, с очень большой степенью их одревеснения. Несмотря на то, что внесение повышенных доз азота приводило к увеличению массы воздушно-сухого вещества растений, относительная масса волокнистых веществ уменьшалась. Следовательно, увеличение массы растений происходило за счет интенсивного развития ксилемы. А это значит, что при внесении повышенных доз азота удобрения используются не эффективно, главным образом для образования древесины, а не коровой паренхимы, в которой формируются волокнистые пучки.

Медь оказала положительное влияние на номерность тресты на низком фоне почвенного плодородия за счет повышения ее крепости и пригодности, увеличения выхода волокна со стеблей.

Положительное действие цинка проявилось на более плодородных почвах с реакцией среды, близкой к нейтральной (табл.3). По данным анатомического анализа, цинк способствовал формированию волокон графеной формы с более тонкими стенками и меньшим диаметром внутренней полости, увеличению количества элементарных волокон на срезе, снижению числа одревесневших волокон.

Нами также была рассчитана продуктивность полевого севооборота за две его ротации. Максимальный выход зерновых единиц с 1 га достигался на среднем фоне плодородия почвы. Более высокая окупаемость 1 кг NPK (кг зерновых единиц) была на низком фоне. С увеличением уровней плодородия почвы окупаемость удобрений имела тенденцию к снижению. Из изучаемых культур максимальный выход зерновых единиц обеспечивал клевер красный (до 7,04 т/га). В то же время продуктивность севооборота в целом в лучших вариантах была на уровне 5,56–5,74 т з.ед./га (табл.4).

Ленточный способ внесения удобрений в зависимости от их доз способствовал повышению продуктив-

Таблица 4. Влияние способов внесения удобрений на продуктивность севооборота в зависимости от уровня плодородия почвы (т з.ед.), среднее за 1982–1991 гг.

	Картофель	Яровая пшеница	Клевер, сумма 2 укосов	Озимая рожь	Лен	Среднее, т/га	Прибавка к контролю	Окупаемость 1кг NPK, кг з.ед.
Фон I								
1. N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> (в рядки при посеве и в подкормку)	4,05	3,00	5,84	4,24	2,97	4,02	-	-
2. N <sub>36</sub> P <sub>62</sub> K <sub>72</sub> вразброс	4,70	3,79	6,20	5,26	4,11	4,81	0,79	4,6
3. N <sub>42</sub> P <sub>62</sub> K <sub>84</sub> локально	5,23	4,08	6,40	5,77	4,51	5,20	1,18	6,3
4. N <sub>51</sub> P <sub>74</sub> K <sub>84</sub> вразброс	5,23	3,95	6,24	6,35	4,65	5,28	1,26	6,0
5. N <sub>57</sub> P <sub>74</sub> K <sub>84</sub> локально	5,50	4,27	6,48	5,54	5,07	5,37	1,35	6,3
6. N <sub>69</sub> P <sub>90</sub> K <sub>102</sub> вразброс	5,68	4,18	6,44	6,00	4,96	5,45	1,43	5,5
7. N <sub>69</sub> P <sub>90</sub> K <sub>102</sub> локально	5,50	4,12	6,68	6,32	5,20	5,56	1,54	5,9
Фон II								
1. N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> (в рядки при посеве и в подкормку)	4,38	3,34	6,08	4,49	3,29	4,32	-	-
2. N <sub>36</sub> P <sub>62</sub> K <sub>72</sub> вразброс	5,08	3,96	6,36	5,20	4,29	4,98	0,66	3,9
3. N <sub>42</sub> P <sub>62</sub> K <sub>84</sub> локально	5,28	4,25	6,56	5,57	4,75	5,28	0,96	5,1
4. N <sub>51</sub> P <sub>74</sub> K <sub>84</sub> вразброс	5,35	4,11	6,52	5,73	4,43	5,23	0,91	4,4
5. N <sub>57</sub> P <sub>74</sub> K <sub>84</sub> локально	5,70	4,32	6,80	5,46	4,99	5,45	1,13	5,3
6. N <sub>69</sub> P <sub>90</sub> K <sub>102</sub> вразброс	5,88	4,12	6,64	6,24	5,14	5,60	1,28	4,9
7. N <sub>69</sub> P <sub>90</sub> K <sub>102</sub> локально	5,78	4,28	6,80	6,12	5,19	5,63	1,31	5,0
Фон III								
1. N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> (в рядки при посеве и в подкормку)	4,68	3,43	6,08	4,90	3,23	4,46	-	-
2. N <sub>36</sub> P <sub>62</sub> K <sub>72</sub> вразброс	5,25	4,14	6,32	5,65	4,15	5,10	0,64	3,8
3. N <sub>42</sub> P <sub>62</sub> K <sub>84</sub> локально	5,55	4,58	6,56	6,15	4,56	5,48	1,02	5,4
4. N <sub>51</sub> P <sub>74</sub> K <sub>84</sub> вразброс	5,73	4,47	6,68	6,39	4,31	5,52	1,06	5,1
5. N <sub>57</sub> P <sub>74</sub> K <sub>84</sub> локально	5,98	4,63	6,76	6,16	4,76	5,66	1,20	5,6
6. N <sub>69</sub> P <sub>90</sub> K <sub>102</sub> вразброс	6,08	4,40	6,84	6,45	4,95	5,74	1,28	4,9
7. N <sub>69</sub> P <sub>90</sub> K <sub>102</sub> локально	5,78	4,52	7,04	6,49	4,85	5,74	1,28	4,9

Примечание: насыщенность органическими удобрениями на I фоне составила 10, на II – 14 и на III – 18 т/га.

ности севооборота на I фоне плодородия на 0,09–0,39; на II – 0,03–0,3 и III – на 0,14–0,38 т з.ед./га. Следует отметить, что при внесении высоких доз удобрений на среднем и высоком фонах почвенного плодородия отличия по влиянию на урожай сельскохозяйственных культур ленточного и разбросного способов внесения удобрений сглаживаются.

При расчетах энергетической эффективности применения удобрений затраты на локальное внесение в первой ротации севооборота были приняты в 1,5 раза выше, чем на разбросное (использовалась финская туковая сеялка ЮКО-250). В более поздних исследованиях затраты при ленточном внесении находились на одном уровне с разбросным (использовалась комбинированная зернотуковая сеялка "Туме" [1]).

Сущность энергетического анализа в наших исследованиях заключалась в том, что все затраты, связанные с применением удобрений, выражали в единых сопоставимых единицах (МДж). Учитывалась также энергия, накопленная в основной продукции, полученной за счет применения удобрений; рассчитывалась энергетическая эффективность (энергоотдача или биоэнергетический коэффициент).

Так, применение минеральных удобрений под ленточным способом с энергетической точки зрения было эффективно на всех фонах почвенного плодородия. На среднем и высоком уровнях энергоотдача была выше в вариантах локального внесения  $N_{30}P_{60}K_{90}$  (1,11–1,18 ед.). На слабо обеспеченной элементами питания почве наиболее эффективной оказалась доза  $N_{45}P_{90}K_{120}$  (биоэнергетический к.п.д. – 1,18).

Энергоотдача от применения микроэлементов изменялась закономерно урожайности льнопродукции и ее качества (табл.5).

Нами также была рассчитана биоэнергетическая эффективность применения удобрений в среднем по севообороту за две его ротации (1982–1991 гг.). Как свидетельствуют приведенные данные, при локализации удобрений энергоотдача возрастала. На всех изучаемых фонах почвенного плодородия биоэнергетический коэффициент был более высоким при внесении  $N_{42}P_{62}K_{84}$ . В целом же прослеживается тенденция к возрастанию энергозатрат на 1 ц дополнительного урожая, полученного за счет применения удобрений, с увеличением уровня плодородия почвы (табл.5).

Таблица 5. Энергетическая эффективность доз и способов внесения удобрений под лен-долгунец и в среднем за две ротации полевого севооборота

Варианты	Лен (среднее за 1982-1991 гг.)					В среднем по севообороту (за 1982-1991 гг.)	
	Содержание энергии в прибавке урожая, МДж	Энергозатраты, МДж	Выход энергии с 1 га, МДж	Энергоотдача, ед.	Энергозатраты на 1 ц прибавки урожая (солома), МДж	Энергоотдача, ед.	Энергозатраты на 1 ц прибавки урожая (з.ед.), МДж
Фон I							
1	-	-	-	-	-	-	-
2	13883	12758	1125	1,09	802,4	2,27	842,3
3	18717	15971	2746	1,17	753,3	2,70	709,2
4	20504	18816	1688	1,09	825,3	2,58	741,9
5	25585	21737	3848	1,18	744,4	2,53	755,4
6	24245	20803	3442	1,17	743,0	2,36	812,3
7	27118	20908	6210	1,29	651,3	2,45	782,3
Фон II							
1	-	-	-	-	-	-	-
2	12149	11817	332	1,03	862,6	2,00	957,9
3	17797	15102	2695	1,18	729,6	2,35	813,0
4	13903	14975	1072	0,93	1005,0	2,06	928,8
5	20637	18234	2403	1,13	747,3	2,24	852,7
6	22464	19083	3381	1,18	704,2	2,18	877,5
7	23058	19761	3297	1,17	721,2	2,19	874,7
Фон III							
1	-	-	-	-	-	-	-
2	11102	11290	188	0,98	917,9	1,95	979,7
3	16147	14581	1596	1,11	810,1	2,45	780,3
4	13270	14961	1691	0,89	1108,2	2,30	833,5
5	18731	18577	154	1,01	952,7	2,34	817,8
6	20898	18961	1937	1,10	796,7	2,18	877,6
7	19731	18501	1230	1,07	829,6	2,15	889,3

### Выводы

1. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в полевом севообороте картофель - яровая пшеница + клевер - клевер - озимая рожь - лен за две его ротации (1982–1991 гг.) ленточный способ внесения удобрений, по сравнению с разбросным, в зависимости от доз применения обеспечивал повышение продуктивности севооборота на низком фоне плодородия на 0,09–0,39; среднем – 0,03–0,3 и высоком – 0,14–0,38 т з.ед./га, или на 0,5–8,1%.

2. Максимальная энергоотдача полевого севооборота обеспечивалась при  $pH_{\text{кон}}$  5,6–5,8, содержании подвижного фосфора 180–200 мг и обменного калия 170–210 мг/кг почвы, насыщенности удобрениями 14 т/га навоза и 188 кг NPK ( $N_{42}P_{62}K_{84}$ ).

3. По совокупности количественных и качественных признаков урожая наиболее эффективной под лен следует признать дозу основного удобрения  $N_{45}P_{90}K_{120}$  на фоне низкого уровня почвенного плодородия и  $N_{30}P_{60}K_{90}$  на среднем и высоком уровнях.

4. Положительное действие ленточного внесения удобрений усиливалось при совместном применении под лен макро- и микроудобрений. Медь в большей степени

способствовала повышению урожайности и качества льнопродукции на фоне низкого уровня плодородия почвы, цинк оказался эффективным на более плодородных почвах с реакцией среды, близкой к нейтральной.

5. Локальное внесение является существенным элементом энергосберегающих систем удобрения в севообороте. Внедрение его в сельскохозяйственное производство позволит снизить потребность в удобрениях более чем на 30%, повысить выход энергии с 1 га на 27–44% по сравнению с разбросным способом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Каликинский А.А., Петровец В.Р., Саскевич М.К. и др. Энергетическая оценка технологии внесения основной дозы минеральных удобрений // Бюлл. ВИАУ. – 1990. – № 99.
2. Локальное внесение минеральных удобрений / С.Ф.Ходянкава, И.Р.Вильдфлуш, С.П.Кукреш. – Горки: БСХА. – 1997.
3. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений / Г.В.Василюк, И.М.Богдевич, Н.В.Клебанович и др. – Минск: БелНИИПА. – 1996.