

651.82
7859B.3
402817

и. 1923

631-82

П. 859e.3

402917

Д. Н. Прянишников.

K1004.12 II 1905

Влияние замены навоза минеральными удобрениями на продуктивность различных культур и целого севооборота

В предыдущей статье мы упомянули о датских опытах по сравнению действия навоза и минеральных удобрений, как наиболее правильно поставленных и проведенных за более длинный (почти 30-летний) срок, чем аналогичные опыты в Мироновке, имеющие в основе ту же самую исходную мысль; кроме того, опыты в Мироновке заложены на черноземной почве весьма высокого плодородия, датские же опыты относятся к почвам оподзоленной зоны, для которых внесение органического вещества считается особенно важным, а как раз у нас для нечерноземной полосы таких опытов не имеется. Сводка чрезвычайно интересных результатов этих опытов появилась на датском языке только в конце 1927 г., а вне пределов Дании до последнего времени об этих опытах чрезвычайно мало знали ¹⁾.

Опыты эти были заложены по инициативе правительственного агронома Нильсена в 1893 г. на двух станциях—в Аскове и Тистофте, но в Тистофте они прекратились после смерти инициатора (1897), а в Аскове они были продолжены до 1922 г., когда план подвергся изменениям. Но так как в Аскове опыт был проведен на двух почвах (суглинистой и песчаной), притом, в каждом случае в двух севооборотах, то этим в значительной мере заменяется выпадение опытов, заложенных в Тистофте. Как ранее было сказано, основная мысль опытов заключалась в возможно полном выравнивании количества питательных веществ в минеральных удобрениях и в навозе; за 25 лет опытов в среднем на 1 га в год пришлось питательных веществ (в кг):

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
В навозе	41,4	28,9	37,5
В минер. удобрениях . . .	40,3	29,6	36,3

Таким образом выровненность была в значительной мере достигнута. Опыты были поставлены в четырехполье норфолькского типа, в двух его вариантах—свекольном и картофельном.

Известная условность при постановке такого опыта заключается в решении вопроса о распределении удобрений во времени—как вносить навоз и минеральные удобрения—ежегодно то и другое, в равной дозе каждый год и под каждое растение (как это сделано в Мироновке) или же вносить навоз один раз в течение севооборота (в данном случае—четырепольного), а минеральные удобрения—ежегодно.

В Аскове было принято промежуточное решение—навоз вносился в два приема за четыре года, а минеральные удобрения—в четыре. Но способ разверстки между отдельными культурами во времени был не совсем выдержан, именно, до 1907 г. соблюдалось буквальное равенство в распределении минеральных удобрений для всех культур и для всех удобре-

¹⁾ Когда я задал автору 30-летней сводки К. Иверсену вопрос, почему он не напечатал об этих опытах по немецки, он ответил, что он работает для Дании, остальное его мало интересует. Я указал, что в этом была как раз честь для Дании, что ее агрономы первые провели такой опыт. Быть может, как следствие этой беседы, в 1928 г. появилось сообщение К. Иверсена в *Zetschrift f. Pflanzenernährung und Düngung*, но оно сделано в очень краткой форме (на 8 страницах вместо 160 в датском оригинале); мы же могли использовать последний, благодаря переводу, сделанному Ю. Д. Лебедевым по поручению НИУ.

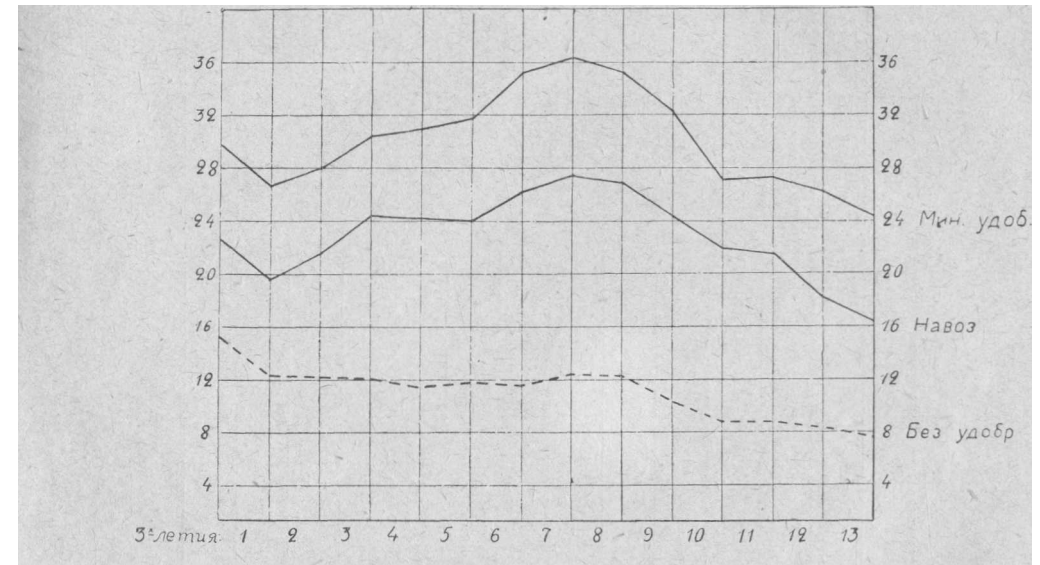
ний, а с 1907 г. равенство осталось только для суперфосфата и каинита, а по отношению к селитре были введены следующие различия (в кг):

Корнеплоды	Овес	Клеверная смесь	Рожь
450	270	135	248

Также и для навоза с 1907 г. произошла некоторая перемена в раз-

ясняется разнообразие взглядов на сравнительное значение удобрений, с одной стороны, и обработки (на фоне клевера или при наличии чернозема)—с другой.

Если мы обратимся к сравнению урожаев ржи на удобренных делянках, то увидим, что по минеральным удобрениям рожь каждый год давала заметно больший урожай, чем в навозе.



Переходя к урожаям свеклы (см. рис. 2), мы для неудобренного ряда должны отметить гораздо более быстрое падение урожаев, чем в случае ржи, как и естественно ожидать для корнеплодов. Если средний урожай за три первых трехлетия (34,7 ц сухого вещества корней) принять за 100, то средний урожай трех последних трехлетий (12,6 ц) составит

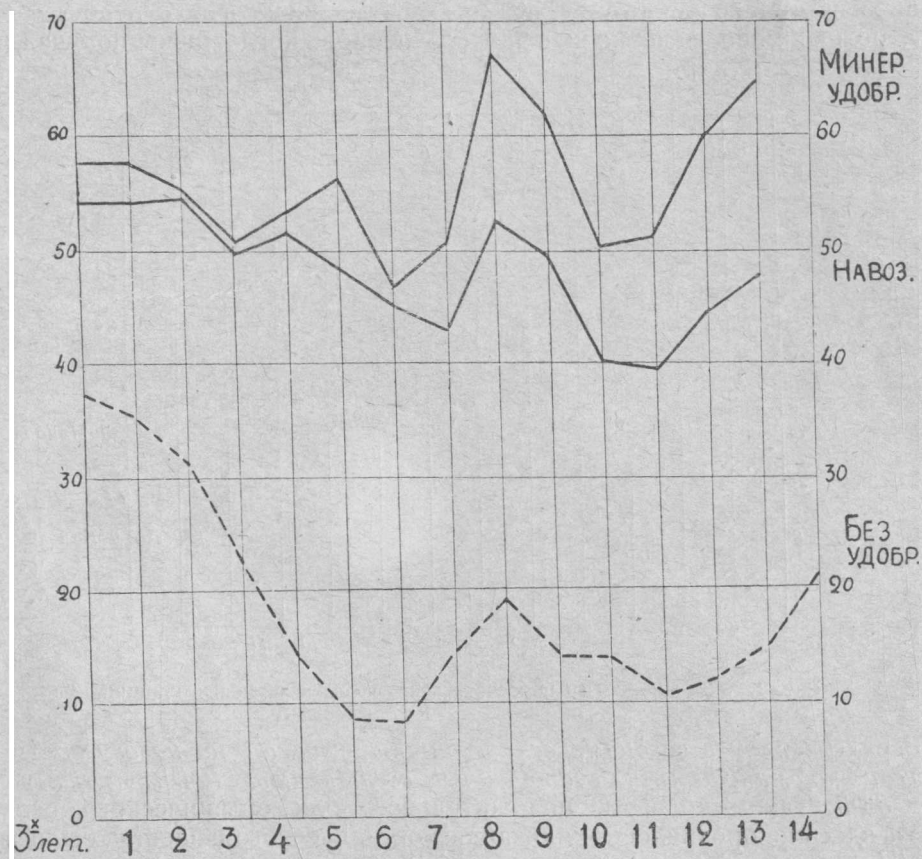


Рис. 2. Урожай свеклы (сухое вещество корней).

только 36,3%; по отношению к унавоженным делянкам этот урожай опускается в конце опыта до 28—30%, в то время, как для ржи это отношение было 68—69%; в среднем же для всего опыта оно равняется для свеклы 39%, а для ржи—63%. Еще одно сопоставление: в то время, как в первые годы, пока не была исчерпана „старая сила почвы“ (1894—97), свекла превосходила рожь в два раза по продуктивности¹⁾; в последние годы, на истощенной почве, свекла или потеряла преимущество перед рожью или даже опустилась по продуктивности ниже ее (1916—19 и следующие годы).

Что касается делянок удобрявшихся, то мы и здесь видим правильное превышение действия минеральных удобрений над действием навоза;

¹⁾ В сущности, еще больше, так как в данном отчете пересчет в зерновые эквиваленты сделан почему-то только для корней свеклы, ботва сюда не вошла, а в случае ржи солома вошла в расчет.

в среднем за весь период оно равняется 114%, если урожай по навозу принять за 100. Если взять продукцию свекловичного клина за первую и вторую половину опыта, то по минеральным удобрениям она была такова (в ц):

Годы	Корней	Листьев
1894—1906	499	138
1907—1922	533	181

Некоторое возрастание урожаев во второй период объясняется здесь тем, что начиная с 1907 г. перестали вносить селитру поровну под все культуры, и именно под свеклу стали вносить больше, за счет уменьшения дозы под клеверную смесь; однако к выравниванию с навозом в отношении дозы азота под свеклу это еще не привело (такое выравнивание имеет место только для всего севооборота); именно, вносилось под свеклу (в кг)

	В навозе	В минер. удобр.	Отношение урожаев
В первую половину (1894—1907)	122	40	100:103
Во вторую половину (1907—1922)	127	68	100:125

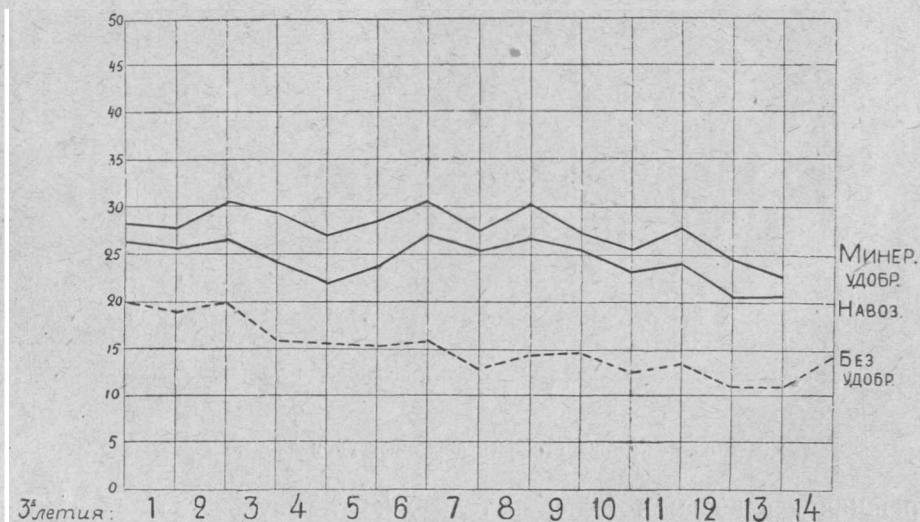


Рис. 3. Урожай овса (в зерновых эквивалентах).

Следовательно, минеральные удобрения давали больший урожай свеклы, *несмотря* на резкую разницу в количестве азота (и других питательных веществ); можно сказать, что в первый период *одна треть азота в селитре давала тот же эффект, как полная норма азота в навозе*; а во второй период, когда дали в селитре больше азота (но все-таки меньше двух третей по сравнению с навозом), урожай по селитре равняется 125% (в последнее же четырехлетие опыта он достиг даже 35% по сравнению с навозом).

На рис. 3 даны урожаи овса, опять-таки с перечислением соломы в эквиваленты зерна.

Картина почти та же, что и в случае ржи; но урожаи без удобрения во вторую половину опыта падают ниже, до 54% от урожая на навозных делянках, в то время, как для ржи они понижались лишь до 68—69%. Отчасти это находит объяснение в том, что после 1907 года овес стал получать некоторую дозу навоза непосредственно (но все же и абсолютно

урожаи овса падают без удобрения ниже ржаных, как видно из соответственных столбцов обеих таблиц¹⁾.

Сопоставление данных опыта с овсом с приведенными ранее урожаями для ржи имеет значение в том отношении, что оно позволяет проконтролировать влияние перемены в распределении удобрений; с 1907 г. овес стал получать навоз непосредственно (вместо внесения его под рожь), следовательно, рожь в навозном севообороте должна была несколько проиграть (по сравнению с минеральными удобрениями), а овес — несколько выиграть; а так как для обоих растений и в первую и во вторую половину опыта имеет место заметный перевес в действии на стороне минеральных

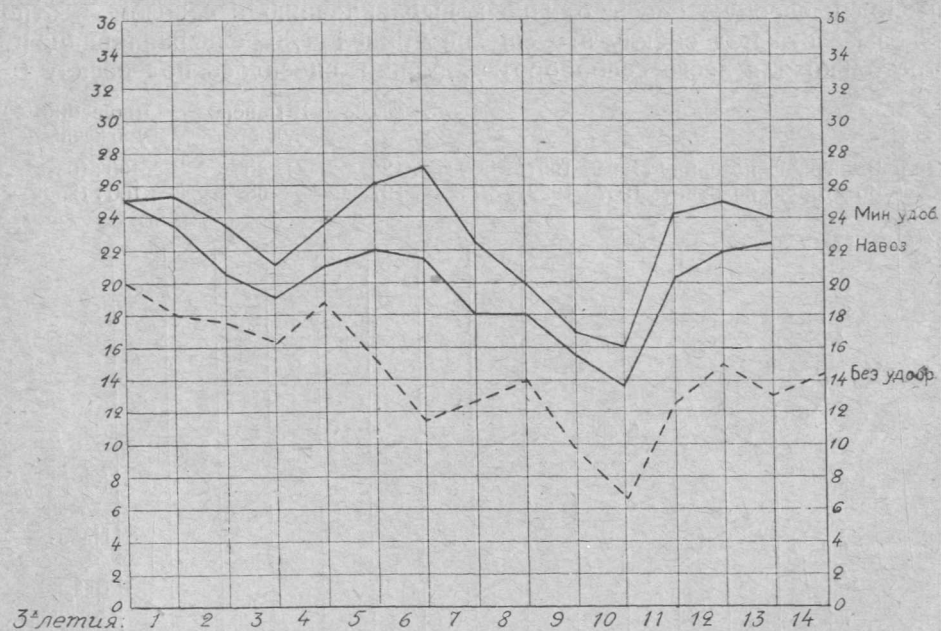


Рис. 4. Урожаи трав (в зерновых эквивалентах).

удобрений над навозом, то, следовательно, этот результат в основе не зависел от того, под какие именно растения 4-летнего севооборота вносился навоз.

Но все же следует отметить, что для овса во вторую половину опыта (1907—1922) имеет место как раз *полное выравнивание количества питательных веществ в навозе и других удобрениях*, ибо под него давалась одна четверть (9 т) навоза и одна четверть минеральных удобрений, считая от общей нормы для всего севооборота; приведем для этой, вполне безупречной, части опыта непосредственные урожаи зерна и соломы (в ц/га):

Урожай	Без удобрения	Навоз	Минер. удобрения
Зерна	11,0	17,9	23,0
Соломы	22,1	35,7	48,5

¹⁾ Здесь влияет отчасти датский способ пересчета соломы в эквиваленты зерна (а у овса урожай соломы падает сильнее, чем у ржи); на деле цифры таковы (в ц/га):

Годы	Рожь		Овес	
	Зерно	Солома	Зерно	Солома
1894—1906	12,5	24,5	16,3	23,5
1907—1922	11,0	22,1	11,2	16,6

На рис. 4 сопоставлены данные для укосов клеверной смеси, опять-таки перечисленные в урожайные (зерновые) эквиваленты. Здесь мы должны отметить тот же основной результат — лучшее действие минеральных удобрений по сравнению с навозом; в среднем это выражается отношением 111:100.

Кроме клеверно-злаковой смеси, с 1909 г., введены были дополнительные делянки с овсяно-виковой смесью; на них также наблюдалось в период 1909—22 г. превышение действия минеральных удобрений над действием навоза в отношении 112:100.

Итак, для ржи, свеклы, овса и кормовых трав при данной постановке опыта (т.-е. при полном выравнивании количеств питательных веществ в навозе и минеральных удобрениях) *получается заметное преимущество*

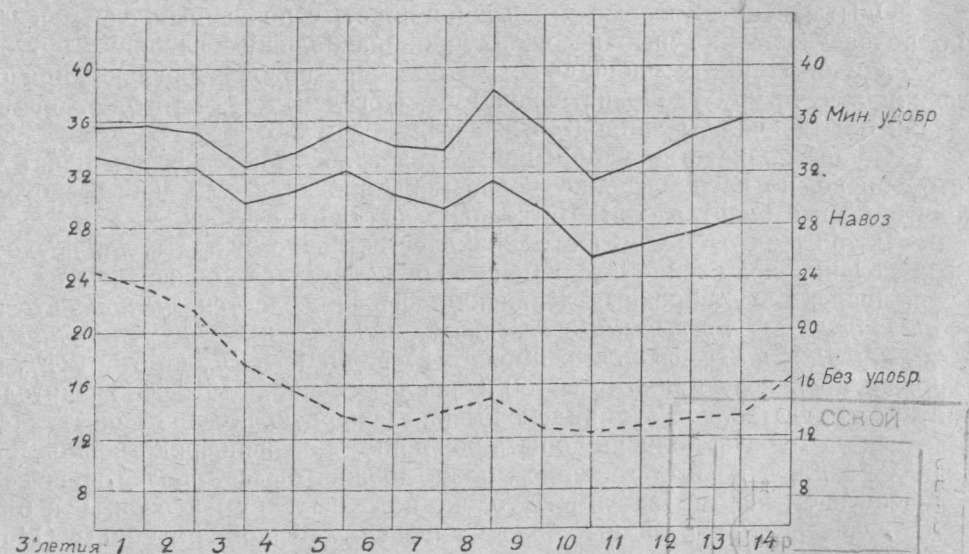


Рис. 5. Общая продукция четырехполья (в зерновых эквивалентах).

на стороне минеральных удобрений. Естественно, что эти же соотношения повторяются для всей суммы урожаев свекловичного четырехполья, подсчитанной по датскому способу — т.-е. после приведения всех урожаев к „урожайным единицам“. Для нас эти суммы представляют интерес, поскольку они как бы выражают некоторую равнодействующую, в которой должны сгладиться все частные влияния, как, например, влияние передвижки во внесении навоза (под овес вместо ржи), которой еще можно было бы приписывать какое-либо влияние на отдельные культуры (хотя, как мы видели на овсе, и недоказанное).

Данные такого сводного подсчета по трехлетиям нанесены в прилагаемом графическом изображении (рис. 5); в среднем же за весь период опыта продуктивность одного га в четырехпольном севообороте со свеклой равнялась (в зерновых эквивалентах) (в ц):

Без удобрения	Навоз	Минер. удобрения
16,5	30,1	34,8

Итоговые данные повторяют знакомые нам по отдельным культурам соотношения, давая в среднем за весь период отношение действия минеральных удобрений, равное 116:100, но во времени и здесь сказывается

влияние изменения, внесенного с 1907 г., именно с этого времени индекс действия минеральных удобрений поднимается. Это значит, увеличение внесения селитры под свеклу (за счет уменьшения дозы под травы) благоприятно сказалось не только на свекле, но и на суммарном эффекте от удобрений, и вместо отношения 110:100, преобладавшего в первый период, во второй период средним является отношение 124:100. Следовательно, при принятых здесь нормах и при данном распределении удобрений между культурами, в свекловичном четырехполье минеральные удобрения дают на 24% больший урожай, чем навоз, содержащий такое же количество питательных веществ.

2. Опыты в свекловичном четырехполье на песчаной почве.

Опыты ведутся на тощей песчаной почве, с почвенным слоем в 20 см; подпочва—желто-красный песок, идущий на большую глубину. Лет 50 до закладки опытов эта площадь была под вересковой зарослью, при обращении в культуру удобрения глинистым мергелем; кроме того, за время ведения опыта дважды вводилась известь—4,5 и 3,6 т/га.

Общее количество удобрений здесь давалось такое же, как и на глинистой почве, но распределение во времени иногда имело частные отклонения, которые будут в соответственных местах отмечаться.

В урожаях ржи замечается, как и естественно ожидать, для неудобренных делянок понижение во времени до более низкого урожая, чем на глинистой почве. На удобренных делянках здесь наблюдается значительно больший индекс для превышения действия минеральных удобрений над навозом, чем на глинистой почве, именно, в среднем 152% против 124% (если урожай по навозу принять за 100 в каждом случае). Но здесь значительный интерес представляет этот индекс именно за первую половину опыта (146%), так как за первую половину опыта рожь получала непосредственно 1/4 всего навоза (9 т), а во второй период рожь должна была довольствоваться последствием навоза, вносимого только под свеклу (3/4) и овес (1/4); однако, отсутствие резкой разницы между индексом первой половины (146%) и за весь опыт (152%) говорит за большую устойчивость наблюдавшейся крупной разницы в пользу минеральных удобрений, даже независимо от частных различий во внесении навоза под те или иные культуры, при равенстве количеств для всех севооборотов.

В урожаях свеклы без удобрения мы видим на песчаной почве падение продукции ниже (даже в абсолютных урожаях), чем в случае ржи. По отношению же к унавоженным делянкам, к концу опыта имеем падение до 28—29% (в случае ржи—65—70%). При минеральных удобрениях средний индекс по сравнению с навозом (127%) опять выше, чем для свеклы на глинистой почве, но он ниже, чем для ржи на песчаной почве (152%), что объясняется не раз отмеченным внесением большей части навоза под свеклу, что создает крупный перевес в дозе азота: 80—126 кг в навозе против 40—67 кг в минеральных удобрениях. Таким образом, в разные периоды и здесь свекла дала крупный перевес в урожае по минеральным удобрениям, несмотря на невыгодную для последних крупную разницу в дозе азота по сравнению с навозом.

Урожай овса без удобрения падают также ниже ржаных. Для удобренных рядов здесь мы имеем за все время довольно хорошую сравнимость между минеральными удобрениями и навозом. Так, в этом случае овес все время получал одну четвертую долю навоза (9 т) и почти такую же (23—25%) долю от общей дачи азота в селитре; это повышает значение полученного индекса (135%), не требующего никаких поправок (тогда как индекс для свеклы явно требует поправки в сторону повышения).

Урожай трав также, как и всех предыдущих культур, регулярно во все годы выше по минеральным удобрениям, чем по навозу. Снижение дозы селитры с 252 до 135 кг во второй период не сказалось заметно на индексе, очевидно потому, что в смеси участвовал клевер.

Переходя к сводным данным для всего свекловичного четырехполья на песчаной почве, мы видим и здесь повторение картины уже знакомой нам из опытов на глинистой почве, но здесь она еще более рельефна, как видно из следующего сопоставления для средних цифр (относительные урожаи):

Почва	Без удобрения	Навоз	Минер. удобрения
Песчаная	49	100	132
Глинистая	55	100	116

Отметим, что индекс для первого периода (30%) и второго (33%) здесь мало разнится, несмотря на изменение порядка внесения навоза под отдельные культуры с 1907 года.

Опыты на песчаной почве (урожай в ц зерновых эквивалентов на га).

Г о д ы	Рожь			Свекла			Травы			Овес		
	Неудобр.	Навоз	Минер. удобрения	Неудобр.	Навоз	Минер. удобрения	Неудобр.	Навоз	Минер. удобрения	Неудобр.	Навоз	Минер. удобрения
1894—1897	16,4	19,4	29,8	20,1	35,7	45,0	12,0	17,5	19,4	12,4	18,3	24,3
1896—1899	14,8	18,5	28,3	18,6	30,3	40,7	7,0	16,4	20,0	8,5	13,3	17,9
1898—1901	14,6	19,9	29,0	19,6	34,6	42,8	5,4	16,5	19,2	9,0	15,1	20,9
1900—1903	14,7	24,2	33,3	18,2	38,0	45,0	5,2	18,6	20,9	9,9	16,6	22,8
1902—1905	15,1	24,8	34,2	14,2	34,5	44,1	6,9	20,3	22,9	9,7	17,2	23,0
1904—1907	15,2	23,1	33,1	14,9	35,4	45,1	6,6	18,6	22,1	10,3	18,9	26,8
1908—1909	15,3	26,3	35,3	14,5	33,8	48,8	6,1	24,7	28,8	10,5	19,9	28,2
1908—1911	14,9	25,4	35,2	17,8	39,1	56,4	6,5	26,2	27,4	9,8	19,6	26,3
1910—1913	11,9	18,3	32,0	19,4	48,4	58,5	6,7	18,6	20,9	10,6	22,7	30,3
1912—1915	11,0	16,2	29,2	14,9	45,8	54,9	6,6	15,9	18,7	8,7	19,6	26,4
1914—1917	12,1	19,3	29,7	10,4	35,5	41,3	5,8	18,1	18,8	6,6	15,0	18,5
1916—1919	11,8	19,3	30,4	9,6	33,1	37,4	6,9	17,3	19,6	7,2	16,3	21,1
1918—1921	10,5	15,3	25,9	8,7	31,1	43,0	6,4	12,1	15,9	7,7	14,6	20,8
1920—1922	10,3	13,9	24,3	8,1	28,5	41,1	5,0	9,1	12,6	7,3	14,1	18,9
Среднее за 1894—1922	13,6	20,3	30,8	15,0	35,9	45,7	7,0	18,0	20,5	9,4	17,5	23,6

3. Четырехполье с картофелем.

Что касается опытов с картофельным четырехпольем, то в то время как для ржи, овса и трав в нем получены результаты совершенно такие же как в ранее рассмотренных случаях, как на суглинке, так и на песчаной почве, для самого картофеля постановка опыта не позволяет судить о том, как будут действовать на него минеральные удобрения и навоз в случае выравнивания доз питательных веществ; видно только, что внесение 40 кг азота в селитре не может (в отличие от свеклы) вполне заменить 80 кг азота в навозе¹⁾, оно дает лишь около 85% по урожаю клубней и 80% по урожаю сухого вещества на суглинке, для песчаной почвы соответственные цифры равны 95 и 92%. Относительно того, какой результат получился бы здесь в случае выравнивания норм, можно только догадываться, что он был бы выше 100, между тем, как в случае свеклы переход за 100% имел место даже без такого выравнивания.

¹⁾ Во второй период опыта также обнаружено, что для картофеля 67 кг азота в селитре заменяют 126 кг азота в навозе в то время, как для свеклы не только такая замена имеет место, но еще обнаруживается перевес урожая по селитре.

Относительно причин иного отношения картофеля, чем свеклы и хлебов, можно предположительно высказать следующие соображения: 1) картофель медленно прорастает и первое время мало нуждается в питательных веществах, благодаря большому количеству резервного материала в клубне; благодаря этому, преимущество селитры перед навозом, зависящее от быстроты ее действия, в этом случае не проявляется полностью (а в дождливую весну вымывание селитры могло быть большим, чем азотистых веществ навоза), 2) так как в глинистой почве индекс действия удобрений ниже, чем на песчаной почве, то, может быть, механическое разрыхление от внесения неперепревшего навоза или влияние на физические свойства почвы продуктов разложения могло здесь проявиться; однако впредь до повторения опытов с выравненными количествами питательных веществ говорить о наличии здесь именно этого влияния в случае навоза было бы преждевременным.

Еще нужно отметить, что во влажном датском климате картофель не является устойчивой культурой и настолько часто поражается заболеваниями, что его культура там мало развита; этим и объясняется, что в Дании площадь под корнеплодами гораздо больше, чем площадь под картофелем, в отличие от Германии и ряда других стран.

Во всяком случае, благодаря наличности других растений, для картофельного севооборота, взятого в целом, продуктивность по навозу и минеральным удобрениям оказывается одинаковой на глинистой почве, а на песчаной все же верх берут минеральные удобрения, как это видно из следующих цифр общей продуктивности картофельного четырехполья на суглинке и на песчаной почве (в ц):

Почва	Без удобр.	Навоз	Минер. удобрения
Суглинок	17,6	32,7	32,7
Песчаная	13,2	27,4	31,0

К сожалению, для картофеля, как уже отмечено, отсутствовал опыт с полным выравниванием количеств питательных веществ, вносимых в различных удобрениях.

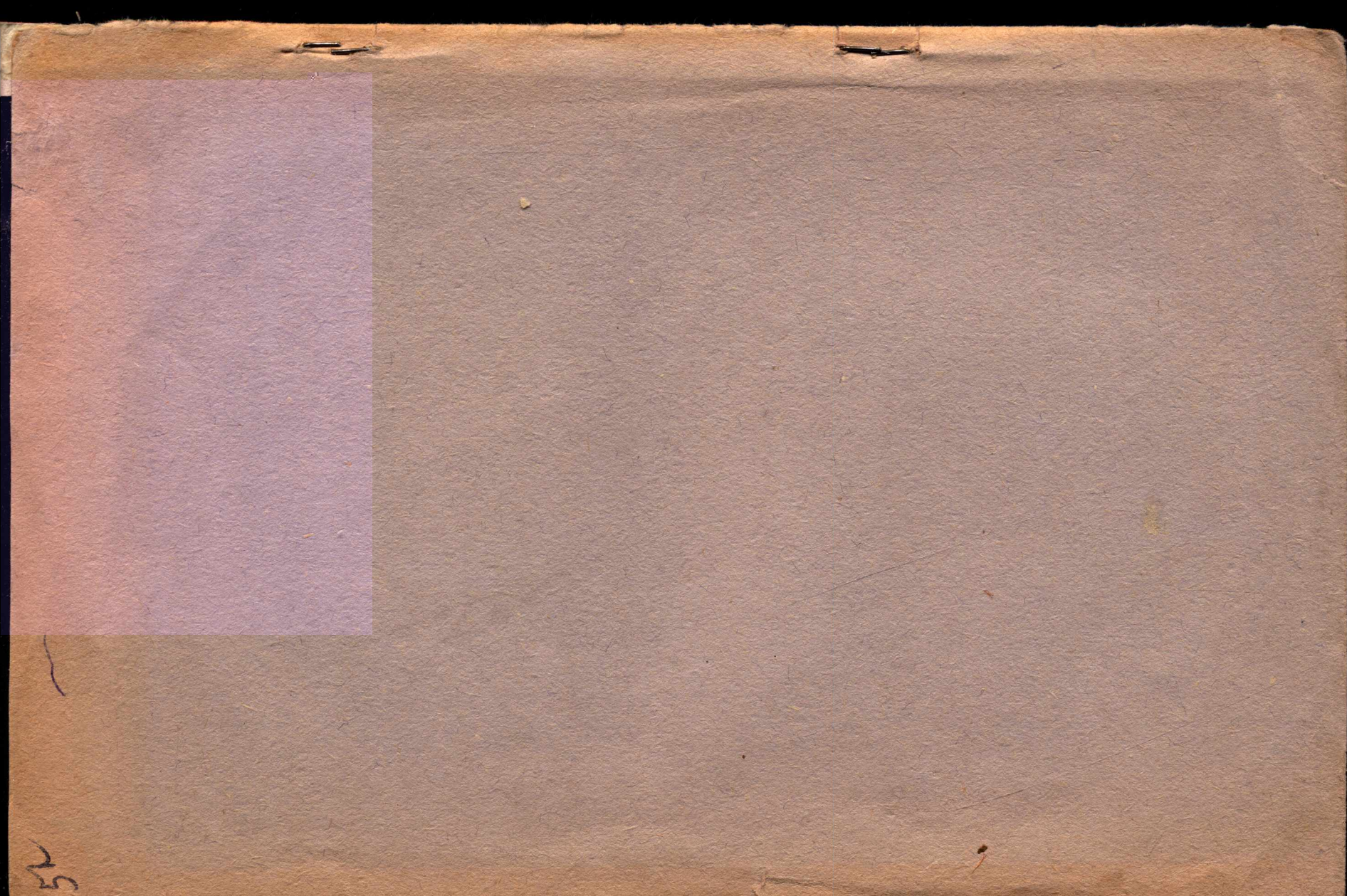
В итоге датские опыты, в той их части, которую мы изложили, привели к следующим результатам.

1. При условии выравнивания количеств питательных веществ в навозе и минеральных удобрениях *действие навоза всегда было слабее действия минеральных удобрений.*

2. Никакого отрицательного влияния внесения одних минеральных удобрений (без органического вещества) за время опыта не проявилось: урожаи за вторые 14 лет по минеральному удобрению не были ниже, чем в течение первых 14 лет.

3. Отдельные растения относятся не вполне одинаково к замене навоза *половинным количеством* питательных веществ в минеральных удобрениях; в то время, как свекла дает в этих условиях около 120% по сравнению с урожаем на унавоженных делянках, картофель дает только 80—90%; хлеба занимают в этом отношении среднее положение между свеклой и картофелем.

В дальнейшем были исследованы причины меньшего действия питательных веществ в навозе по сравнению с минеральными удобрениями, но изложение этой части датских опытов требует особой статьи.



52