

внесення, якщо не зовсім рівних, то дуже близьких кількостей азоту з гноєм і мінеральними добривами ми знаходимо в одній з серій ротамстедських дослідів, саме в досліді безмінної культури озимої пшениці (дані першої серії, щодо ячменю наведено попереду, але там вносилося тільки 54 га з селітрою і 175 кг з гноєм). Тут ми маємо серед ряду комбінацій таку, що має для нас інтерес (у центнерах на га):

	1852— 1859	1860— 1867	1868— 1875	1876— 1883	1884— 1891
Урожай пшениці по гною (175 кг N щорічно)	34,8	35,7	35,4	28,5	39,3
Урожай по амоній-сульфату (161 кг щорічно) на фоні PK	36,6	39,7	36,0	32,2	38,2

Якщо цей дослід, як і дослід з ячменем, непридатний для встановлення коефіцієнта використання азоту гною через ненормально високі дози (35 т гною щорічно), то він придатний як приклад успішної культури без внесення з сторони органічних речовин протягом досить довгого часу.

Але при цьому залишається невідомим, в чому причина такого результату, чи в тому, що на ґрунтах з добре розвиненим вбираючим комплексом, досить насиченим кальцієм, органічна речовина гною взагалі не має того значення, що їй приписують (екстраполюючи від спостережень над ґрунтами з малорозвиненим вбираючим комплексом), чи відсутність його була компенсована діями органічної речовини кореневої маси; поскільки кількість органічної речовини ґрунту, звичайно, дуже зростає і на ділянках з чисто мінеральним добривом при високому рівні врожаю, то це не є дослід культури без органічної речовини взагалі, з нього не можна зробити будьякий загальний висновок про вплив самої органічної речовини, бо остання утворювалася самими рослинами, що їй перешкоджає вважати в даному і інших, йому подібних випадках, органічну речовину гною за досліджуваний фактор (Differenz-Düngung)¹.

¹ Ми взяли дані за 40, а не за 90 років (бо 1933 р. ротамстедським дослідом сповнилося 90 років) тому, що старі схеми 1843 р. при їх застосовуванні протягом такого довгого часу ведуть до побічних несприятливих наслідків через те, що в момент закладання дослідів (1843 р.) не було відомо багато чого з того, що відоме тепер, і попутно з головною метою (внесення разом з азотом необхідних рослинам мінеральних речовин) утворився мимовільний дослід щодо впливу зміни складу ввібраних катіонів, на властивості ґрунту і врожай рослини. Річ у тім, що в склад „мінерального добрива“ були тоді включені і непотрібні солі, як Na_2SO_4 , що разом з щорічним внесенням $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, MgSO_4 та K_2SO_4 мало сприяти збідненню ґрунту на увібраний кальцій і крім того здвигу реакцій в кислу сторону, бо щорічний обробіток ґрунту $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ перетворюється на обробіток його H_2SO_4 в наслідок втручення як культурної рослини, так і мікроорганізмів ґрунту, що споживають аміак або перетворюють його на азотну кислоту. На ділянці ж з гноєм, тільки не було внесення натрію, не було збагачення ґрунту на іон SO_4 , що вношувалося з Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ та MgSO_4 , а щороку вносилося ще значні кількості кальцію в золі самого гною. Тому можна тільки дивуватися чудовим властивостям ротамстедського ґрунту (довільності увібраних основ, високої буферності та інш.), що дали змогу йому протягом майже півсторіччя витримати цей дослід над витисненням кальцію з вбираючого комплексу без зменшення врожаю проти гною; та й через 75—90 років зменшення це було все ще не дуже значним, тоді як на ґрунтах з не таким розвиненим вбираючим комплексом і біднішими основами діяння $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ через 15 років може стати негативним (див. наведені попереду дані дослідів у Вобурні).

Отже, завдання облічити позитивну роль органічної речовини гною при дозах його, звичайних у польових умовах, неможливо розв'язати простим порівнянням діяння гною і відповідної кількості поживних речовин у мінеральних добривах¹.

Інакше стоїть справа при одночасному внесенні з гноем великих доз мінеральних добрив, що прийнято в садово-городніх культурах. Там роль органічної речовини гною, як різностороннього буфера, ясно виступає, як це було відзначено попереду.

Проте данський дослід і в польових умовах заслуговує на повторення в інших кліматичних і ґрунтових умовах, наприклад, на ґрунтах Середньої Азії, багатих на солі, де може відігравати роль ще один момент, а саме можливість давати з органічною речовиною (гноєм, макухою, кореневими залишками люцерни) значні кількості азоту без того підвищення концентрації розчину, що спричиняється удобренням аміачними солями і селітрою, і без збагачення ґрунту на непотрібні аніони і катіони.

Застосовування гною в різних зонах Союзу: розміри його діяння

Якщо взяти дані про кількість гною, який фактично збирається (що не збігається з підрахунком за кількістю скоту, вважаючи на інше ставлення до гною на південному сході, ніж у підзолистій смузі) та обмежитися тільки європейською частиною Союзу, то по названих зонах маємо такі дані (1926 — 1927 рр.).

¹ Здавалось би, що є інший спосіб для обліку ролі органічної речовини, а саме внесення її в ґрунт, без змін азоту в ньому. Вважаючи на те, що внесення клітковини та інших вуглеводів спричиняється напевне до зменшення врожаю в наслідок переведення легкозасвоюваних азотистих сполук ґрунту у важкорозчинні, автором була висловлена думка (1927 р.), чи не можна сіяти на зелене добриво небобові, щоб заорювати масу, яка хоча і містить азот, та ж тільки азот того самого ґрунту, що після розкладу заораної маси має знову переходити у засвоювані сполуки; при цьому ґрунт має поступинно збагачуватися на гумус, вплив чого треба простежити на врожаях.

Але виявилось, що в Німеччині на дослідній станції у Беренбурзі вже проводять такий дослід (з 1917 р.), а саме: при однаковій сівозміні в одному випадку після жита післяжнивню висівають гірчицю на зелене добриво, в другому підсівають сераделу з тою ж метою, а в третьому полі — після жита нічим не засівають.

Результат на 1927 р. був такий: заорювання серадели (бобової) весь час давало плюс; заорювання гірчиці весь час давало мінус.

Значить, цей спосіб теж непридатний для обліку діяння на врожай органічної речовини як такої; залишається випробувати по припиненні підсіву гірчиці після ряду років внесення значних кількостей азотистих добрив на всі ділянки, щоб свідомо усунути азотний мінімум і тоді провести облік, чи буде різниця між ділянками, що одержали зелене добриво у вигляді гірчиці і тими ділянками, що не одержали його.

При цьому треба випробувати різні, зокрема найменш бажані комбінації добрива, наприклад, з зайвиною фізіологічно кислих солей; тоді можливо вдасться зробити облік впливу органічної речовини не тільки там, де вноситься особливо великі кількості добрив (садово-городні культури), а й в польових умовах.

² Стаття Кір'янова „Удобрение и урожай“, 1929, № 2.

Зони	Підзолиста	Лісостепова	Степова	Півд. сходу
Збирається гною на голову (т) га	6,3	5,0	3,4	2,1
Загальна маса гною, що збирається (тис. т)	135,072	81,396	62,545	1,630
Процент використання гною на удобрення . . .	99	87	25	4
Посівна площа (га)	17412	26225	32275	837
Збирається гною на гектар посівної площі (т) .	7,8	3,1	1,9	1,9
Застосовуються на гектар (т) ¹	7,7	2,7	0,5	0,07

Цифри показують швидке зменшення кількості гною на 1 га посівної площі при переході від підзолів лісової півночі до деградованих чорноземів лісостепу; очевидно, тут позначається як недостатність лук, так і слабкий розвиток травосіяння, що створює недостатність гною, бо потреба на гній у зоні давно розораного лісостепу ясно виявлена. У степовій смузі ми маємо справу вже з різким зменшенням частки гною, що йде на удобрення; більшу частину його тут спалюється через гостру потребу на паливо і менш виявлену потребу ґрунту на добриво. Нарешті, на південному сході гній застосовується власне тільки на поливних землях, переважно на городній культурі, велику частину його спалюють, а ще більшу просто не збирають.

Головну масу гною (близько 52%) вноситься в паровому клину під озимину, близько 21% іде під ярину і 27% використовують присадибні культури (городини, конопляники). Але бувають місцеві винятки: так, на півночі сильно удобрюють ярину, і, наприклад, в області Комі тільки 4% від застосовуваного гною іде під озимину, головню ж удобрюють гноєм ячмінь, що має там велике харчове значення („північна пшениця“) і займає 68% посівної площі. Те саме стосується інших районів крайнього поширення хліборобства на півночі, але південніше (наприклад, у Шенкурському районі) вже багато гною бере і озимий клин. В загальних рисах розподіл гною між озиминою, яриною і присадибним клином такий (див. табл. далі).

При цьому в підзолистій зоні удобрюється 55% парової площі, лісостепу—7,4% і в степовій—1,0%.

Розмір діяння гною також вельми різний по різних ґрунтових зонах і навіть на тому самому типі ґрунту, залежно від давності введення її в культуру, в сівозміну, від частоти

¹ Вважаючи на те, що в цю середню цифру ввійшли сади, городи і конопляники, з неї не можна ще мати уявлення про забезпеченість гноєм польових посівів.

Зони	Озимий клин		Яровий клин		Присадибний клин	
	% від усього гною	Забезпечено 1 га	% від усього гною	Забезпечено 1 га	% від усього гною	Забезпечено 1 га
Підзолиста	66,6	13 т	21,6	3 т	11,8	26 т
Лісостепова	44,3	3 „	20,3	1 „	34,9	10 „
Степова	18,9	0,3 „	17,0	0,15 „	64,1	5 „
Південний схід	—	0 „	0	0 „	100,0	9 „

повторення гнойового удобрення та від інших умов. Взагалі найбільш різке позитивне діяння маємо в нечорноземній смузі (при чому тривалість діяння загалом зменшується в напрямку на північ); хоча не таке різке, але тривале діяння спостерігається в середній частині чорноземної смуги, слабе діяння або відсутність його характеризує ті частини степової смуги, де культура ще дуже молода і врожаї (в середньому за ряд років) невисокі в наслідок посушливості клімату; в цих умовах бувають випадки і негативного діяння гною¹.

Відповідно до сказаного на Шатіловській дослідній станції спостерігалось прирости врожаю в 7—11 ц/га, на Плотянській станції—не вище 7 ц, у Змієві—4,5 ц, у Золотоноші—3,5 ц, в Херсоні переважало негативне діяння гною на озимині, на Донському дослідному полі спостерігалось негативне діяння на ранніх парах і позитивне на пізніх. На півночі відносний приріст може підноситися до 100% (в окремих випадках і вище).

Ось кілька прикладів з даних дослідних станцій для різних зон (див. табл. на стор. 296).²

Такі цифри мають, звичайно, лише деяке орієнтовне значення, бо, крім різного абсолютного значення того самого приросту для різних місць в тому самому місці, розмір приросту великою мірою залежить від фону, на якому ставиться дослід, наперед від того періоду, що пройшов між постановкою дослідів і останнім внесенням гною на даному полі перед дослідом. Як крайній випадок цього впливу фону можна навести дані дослідів у Ротамстеді (неперервна культура ячменю):

¹ Межу області, де гній зовсім непотрібний (або майже навіть шкодить), не можна вважати за щось стале—вона поступинно пересувалася в часі від ЦЧО на південний схід. Так, за часів Івана Грозного безгнойове господарство панувало в Рязанській губернії, як про це свідчить очевидець, що описує цю багату область—„ворота землі Русской и Москвы“: „земля жирна; при висіві невеликої кількості зерна в селянина ледве-ледве вистачає сили, щоб зібрати врожай. Увесь гній звозиться до річок, а коли розтає сніг і прибуває вода, то гній виноситься водою“. Сто років тому гнойове удобрення в був харківській губернії вважалося за шкідливе, тепер же внесення гною діє сильніше, ніж рання і оранка пару, і область безгнойового господарства відсунулася в Заволжя та Казакстан.

² Див. зведення у „Вестнике сельского хозяйства“, 1926 р., № 3.

Нечорноземна смуга		Чорнозем/переважно лісостеп		Степовий південний схід	
Дослідні заклади	Приріст в %	Дослідні заклади	Приріст в %	Дослідні заклади	Приріст в %
Новозибк дол. ст.	93	Орловське досл. поле	81	Чишмінська станція	31
Московська обл. станція	81	Елецьке досл. поле		Новоузенське досл. поле	12
Княжедворськ. (Західна обл.) .	78	Носівська станція	40	Безенчуцька станція	11
Могилівська досл. поле	70	Плотянська станц.	41	Тамбовська стан. поле	2
Тулське	65	Харківська станц.	45	Вольське досл. поле	1
Енгельгардт. станц.	61	Сумська станція .	33	Аненська станція	
Москов. картопл. .	59	Воронізька станц.	22	Сердобськ. досл. поле	1
Владимірська . . .	39	Полтавська станц.	12	Саратівська досл. станція	2
Радомиська ст. . .	32	Верхньо-дніпровська станція . . .	12		
		Сітка цукровобу-рякових господарств	11		
Середнє для нечорнозему (дослід на 6 дол.ст.)	59,9	Середнє по 25 станц. (161 дослід)	30,3	Середнє для 8 станцій (40 випадків)	6,0

	1852—1861	1862—1871	1872—1881	1882—1891	1892—1901	1902—1911
Рівень урожаю без гною	12,1	9,4	7,4	6,8	4,4	5,0
По гною	24,2	27,7	27,0	25,6	23,8	23,8
Приріст урожаю від гною	12,1	18,3	19,6	18,0	18,4	18,8
Те саме в процентах	100	195	—	—	—	376

Якщо цифра врожаїв без добрива для останнього періоду (5 ц/га) є виключно низькою, то треба не забувати, що цифра четвертого десятиріччя цього досліді (1882—1891 pp.) близька до нашого середнього врожаю, тому такі дані для нас мають більший інтерес, ніж для самої Англії. Правда, в цьому досліді гній вносилося щороку значною дозою, і ми маємо справу з підсумовуванням післядії з діянням даного року, але це тут не мало особливого значення, як бачимо з другого досліді, де була 20-річна перерва у внесенні гною.

Природно, що при постановці досліді щодо розміру діяння гною на землях, погано удобрюваних, діяння гною в першій ротатії може бути іншим, ніж у подальших ротатіях, хоча й не можна сказати, що чим нижчий урожай контролю, тим абсолютний приріст від гною вищий, якщо в процентному відношенні це і було. Таку різницю в зміні абсолютних і процентних приростів при різному врожаї контрольних ділянок у різних випадках бачимо з дальшого порівняння, зробленого Геркеном

для двох груп дослідних станцій Московської області, розміщених на різних ґрунтах (у центнерах):

Ґрунти, перехідні до сіроземів			Суглинки		
Урожай без ґною	Приріст абсолют.	Те саме в %	Урожай без ґною	Приріст абсолют.	Те саме в %
8	5,6	72	11,3	8,6	76
14,5	8,5	50	18,3	6,5	35
15,5	3,6	24	21,5	3,3	16

В середньому по області спостерігається (за Геркеном) найбільший абсолютний процент від ґною при урожаях на контрольних ділянках в 10—15 ц; вище і нижче від цих величин абсолютний приріст зменшується (а в процентах він правильно зростає при пониженні рівня контролю і зменшується при його підвищенні).

Наведені співвідношення одержано в дослідах з повною дозою ґною—36 т/га; але звичайно ґною вносять менше, бо його не вистачає; тим то цікаво встановити діяння менших доз. Найчастіше виявляється, що половинна доза (18 т) діє, не вдвоє менше, а так принаймні, як дві третини—36 т; так, для Московської області спостерігалось такі прирости (середнє з даних 3 дослідних полів):

Дано ґною	18 т/га	36 т/га
Приріст урожаю жита	4,6 ц	6,1 ц

Тому при деяких (середніх) умовах, якщо не вистачає добрива, вигідніше удобрити під жито більшу площу половиною кількістю, ніж меншу площу повною нормою (однак при культурі коренеплодів може бути протилежно: зосередити добриво і культуру на меншій площі вигідніше, ніж розкидатися вшир).

Але на півночі і при культурі хлібів, якщо ґрунти бідні (очевидно, у зв'язку з сильним вимиванням поживних речовин) застосовують надзвичайно високі дози ґною при обмежених розмірах посівної площі, при чому незрідка вносять гній і під озимину, і під ярину (ячмінь), тобто двічі у трипільній сівозміні.

Різким контрастом до цих високих доз, прийнятих на суворій півночі, є німецький рецепт—взагалі не вносити більше, як 18 т ґною (Шнейдевінд); але треба знати, яких умов стоїть ця норма: якщо в чотиріпільній сівозміні під кожен культуру застосовується в великих кількостях мінеральні добрива і крім того двічі вносяться гній, то зрозуміло, що на добрих ґрунтах можна не давати більше як 18 т, навіть і під коренеплоди; так, Шнейдевінд одержав такі результати для цукрового буряка (див. табл. далі).

В таких умовах, звичайно вигідніше удобрити велику площу 18 т, ніж збільшувати норму гною, зменшуючи площу.

	Без гною	Гній	
		18 т	27 т
Урожай коренів (у ц/га)	347	438	494
Процент цукру	18,1	18,4	18,0
Урожай цукру в/ц.	60	80	82,9

У деяких випадках може мати значення внесення і ще менших доз гною, але тоді на передній план виступає вже не так пряме, скільки побічне діяння гною або як носія мікрофлори (наприклад, при сукупному внесенні з торфом і зеленим добривом) або органічної речовини для розмноження бактерій (особливо це має значення при одночасному внесенні калію та фосфору з мінеральними добривами).

Так, помічено, що на свіжопіднятих глинистих землях, що ніколи не мали гною, клевер погано росте — в них, очевидно, не вистачає органічної речовини для розмноження бульбочкових бактерій; також при посівах люпину відносно невеликі кількості гною (10 т) дуже стимулюють розвиток бульбочок, на коренях люпину, тому сукупне діяння такої дози гною і люпинового добрива вище, ніж сума діяння гною і люпину, застосовуваних окремо.

Крім природних властивостей ґрунту і ступеня його „заправленості“ добривом попередніх років, культурна рослина також є фактором, від якого залежить застосовування гною в тій чи тій нормі, бо чутливість окремих культур до підвищення кількості гною вельми різна.

Для жита спостерігається звичайно, що найбільший ефект дають перші 18 т гною, а підвищення доз гною понад 24 т вже дає невеликі прирости або зовсім їх не дає, як бачимо це наприклад, з дальших даних:

	Внесено гною					
	0 т	9 т	12 т	18 т	27 т	36 т
Дослідні поля Мішенське	4,8	—	7,0	8,3	10,1	10,3
Московськ. обл. Яснопольське ¹	9,0	—	20,0	14,0	16,0	16,5
Московська обл. Сімблійське	16,3	18,1	—	21,2	22,5	23,7
Харківська дослідна станція ²	17,3	20,6	—	21,5	23,3	23,4

Картопля на чорноземних ґрунтах дає такий самий результат, але на ґрунтах нечорноземних і особливо на пісках реакція на збільшення дози гною вельми значна³.

¹ Геркен, „Эффект навоза в ЦЧО“. Труды Москов обл. с. х. станции, 1927 р.

² Рождественский. „Главные выводы за 1913 — 1923 гг.“ (1924).

³ Дані для картоплі, конопель і коренеплодів взято з довідників про відповідні культури, виданих ВУА та НУ (1932 р.).

Без гною 18 т 36 т

Середнє для чорноземної смуги	98	130,8	124,8
Для нечорнозему (крім пісків)	106,8	133,2	165,6
Піскові ґрунти	36	62,8	106,8

На піскових ґрунтах, очевидно, і дальше збільшення дози гною дало б помітний ефект.

Коноплі дають приріст урожаю при ще більшому підвищенні доз; те саме стосується і коренеплодів:

Гній (у т)	0	18	36	54	60	
Коноплі (ЩЧО)	30	(38)	41,7	—	46,6	п соломи
Кормов. буряк (Моск. ст.)	—	218	305	400	—	коренів
Брюква	—	312	408	477	—	
Турнепс	—	357	427	459	—	

Нарешті, в городній культурі ще більші дози гною можуть оплачуватися приростом урожаю, що й далі триває; ось приклади з дослідів (ВНІОХ):

	0	36	54	70 т гною
Капуста (Моск. ст. (сильно підз. сугл.)	36,3	57,1	74,8	85,8
(в ц) (Туркест. ст. (сірозем)	105,8	155,2	—	217,0
Огірки (Кунц. досл. поле)	150,1	224,9	—	241,1

(Див. рис. 37).

Вплив часу внесення гною. Порівняння осіннього і весняного внесення гною дає різні результати, залежно від кліматичних та інших умов (наприклад, чи мовиться про удобрення озимини чи ярих культур).

У вологому кліматі, з м'якою зимою, осіннє внесення гною в чорному парі може бути зв'язане з великими втратами від вимивання, особливо на піскових ґрунтах; так у Данії на дослідній станції в Аскові було одержано такі результати (у процентах):

	Урожай озимини	
	при весняному	при осінньому внесенні
На пісковому ґрунті	100	86
На суглинку	100	93

Поскілки з інших дослідів було відомо, що врожай в 86% одержується від дози гною в 65% від норми (якщо мати на увазі весняне внесення), а врожай в 93% одержується при внесенні (на весні) дози в 70% від норми, звідси робиться висновок, що в умовах Данії 10 т гною, внесених восени, рівноцінні 6,5 т, внесених на весні, якщо ми маємо справу з пісковим ґрунтом (для суглинку 10 т осіннього внесення відповідають 7,8 т, внесеним на весні).

Зовсім інші співвідношення можуть бути в континентальному кліматі при внесенні гною під ярі культури; так, наприклад, на Анучинській дослідній станції при внесенні гною під коноплі одержано такі результати:

	50 т		70 т	
	восени	на весні	восени	на весні
Внесено гною				
Урожай соломи (у ц/га)	28,4	24,6	32,6	25,6
„ насіння „	5,4	1,5	4,4	2,6

Отже, вплив часу внесення гною для нашої чорноземної смуги при удобренні конопель був прямо протилежним тому, що спостерігалось в кліматі Данії при удобренні озимини. Умови, подібні до данських, можуть бути в піскових районах півночі (наприклад, у Шенкурську), де хоч і не відбувається вимивання взимку (грунт замерзає), зате в інший час випаровування менше ніж у Данії (менше тепла), а вологоємність ґрунту така мала, що не тільки внесення гною в чорному парі з осені, а взагалі чисті пари стають сумнівним заходом.

Питання про післядію гною. Дані щодо розподілу

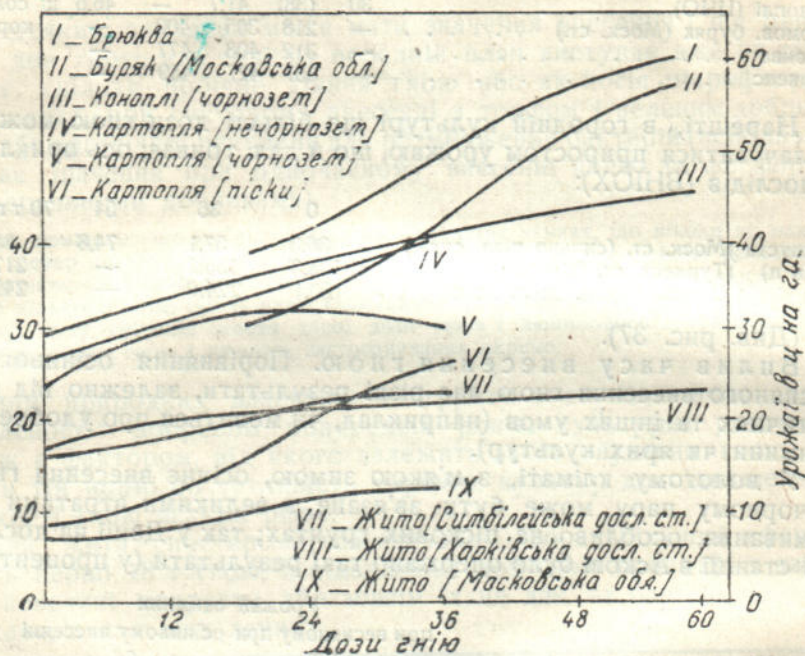


Рис. 37

Діяння зростаючих доз гною (12—60 т) на різні культури

діяння гною між послідовними культурами сівозміни вельми різноманітні у зв'язку з умовами клімату, ґрунту і культури. Як згадувалося попереду, на Півночі (наприклад, на піскових ґрунтах під Шенкурськом) під ярину доводиться знову вносити гній, — настільки мала післядія гною, внесеного під озимину. Південніше це діяння триваліше. За дослідями в Бреславлі (широта Курська, але ґрунт нечорноземний) у чотириріпільній сівозміні з загального діяння гною на першу культуру припадає 60%, а на решту три¹ — по 13%¹.

¹ Але, якщо взяти не врожайні дані, а прийняти за 100 всю кількість азоту, взяту з гною за 4 роки, то на перший рік припадає 40%, на подальші — 29, 18 і 13% від цієї кількості.

На чорноземі спостерігається більш розтягнене діяння гною; так, на Плотянській станції врожаї для трьох послідовних культур змінювалися так (у ц/га):

	Озима пшениця	Кукуруза	Яра пшениця
Без гною	22,3	21,6	12,1
36 т гною	28,1	25,3	16,3
Різниця	5,8	3,7	4,2

На Полтавській дослідній станції навіть були випадки, коли діяння в другий рік на хліб було більше, ніж у перший; це пояснюється тим, що на багатих ґрунтах озимина, попередником якої є пар, взагалі менше потребує добрива, ніж ярина, що висівається безпосередньо після озимини.

Далі розмір післядії, звичайно, дуже залежить від дози гною, як бачимо це, наприклад, з дальших даних Харківської дослідної станції (10-річні середні):

	Кількість гною (в т)				
	0	9	18	36	54
Урожай жита	17,3	20,6	21,5	23,3	23,5
Сума врожаю двох ярих (пшениці та ячменю)	17,8	19,5	22,0	26,1	29,0
Приріст урожаю ярих	—	1,7	4,2	8,3	10,2

Найбільш тривалі спостереження над післядією гною провадилося в Англії на Ротамстедській станції, правда, в трохи незвичайних умовах, бо гній вносилося щороку кількістю 35 т на га, але на даному полі після 1871 р. внесення добрив було припинене, і в подальші роки ми маємо такий перебіг зменшення врожаю:

Гній до 1871 р.	Без гною					
	1892— 1874	1875— 1877	1878— 1883	1884— 1889	1890— 1896	1897— 1900
Середній урожай — 31,0 ц	26,9	20,2	18,3	13,5	15,5	11,2
Без добрива з 1852 р. (в ц/га)	8,5	8,6	8,9	6,6	7,1	5,7

Отже, сильна заправка, дана ґрунті щорічним внесенням гною протягом 20 років (1852—1871), виявила дуже тривале діяння; навіть через 30 років воно ще не звелось до нуля.

Післядія гною є тривалішою, ніж післядія мінеральних добрив, що бачимо з даних тої таки Ротамстедської станції (хоча й для іншої рослини і на іншому полі), а саме пшениця одержувала щорічно мінеральне добриво протягом 13 років (1852—1864 рр. включно) при дозі амоній-сульфату, відповідній 215 кг N на

гектар; коли припинили вносити добрива, урожаї зменшувалися так (у ц/га):

	1864	1865	1866	1868— 1870	1871— 1873	1874— 1876	1877— 1879	1880— 1882	1883— 1895	1896
Мінеральні добрива до 1864 р.	27,0	21,3	14,6	12,2	8,8	7,1	7,4	8,4	10,5	8,8
Гній щорічно	23,0	24,9	21,8	26,1	22,5	20,5	15,3	22,7	23,5	22,7
Не удобр. з 1844 р. .	10,7	9,0	8,1	10,2	7,1	6,3	5,8	8,1	9,3	9,0

Тут ми бачимо, що врожаї по мінеральному добриву, до 1864 р. переважаючи над рівнем урожаїв угноєних ділянок, після припинення внесення добрив швидко зменшуються; вже через 10 р. вони мало відрізняються від ділянок, які не удобрювалося від самого початку дослідів у Ротамстеді; звичайно, в англійському кліматі значне вимивання нітратів є фактором, що прискорює перебіг зменшення врожаїв і хоч це не стосується такою великою мірою фосфору та калію, але, очевидно, азотний мінімум виявився далеко раніше при мінеральних добривах, ніж при гної.

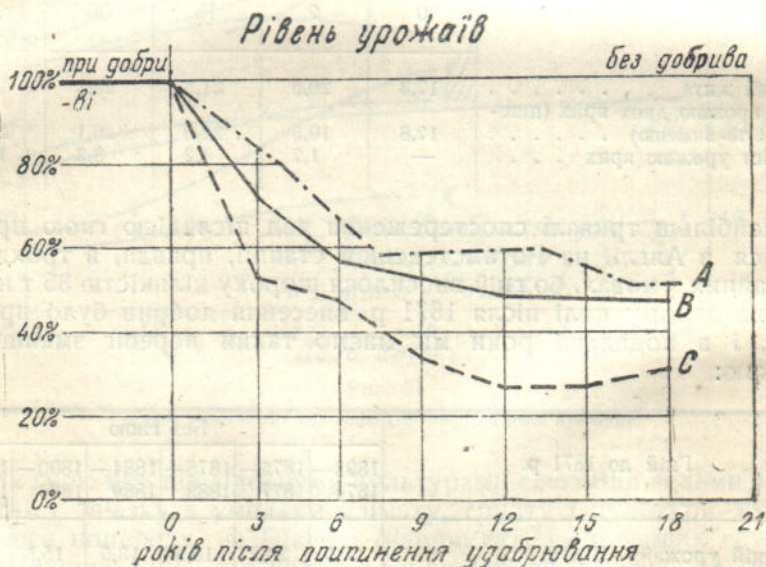


Рис. 38.

А—зменшення врожаїв після припинення внесення гною (Ротамстед); В—те саме за данськими дослідями; С—зменшення врожаїв, коли припинили внесення мінеральні добрива (Ротамстед)

Крім Англії систематичні досліді над вивченням післядії гною провадили ще в Данії на дослідній станції в Аскові; їх, звичайно, прямо неможливо порівняти з англійськими, бо ґрунт в Аскові являє собою більш легкий суглинок і є більш або менш опідзоленим (а в Ротамстеді багатий, досить важкий суглинок містить

чималу кількість кальцій-карбонату); але дані дослідів в Аскові тому стоять ближче до с. г. дійсності, що їх провадили в сіво-зміні, і гній (40 т) вносилося раз на 4 роки, а не щорічно, як у Ротамстеді.

Види ґрунтів	Сталій рівень при гної	Без гною				Постійний рівень подальших років
		Перше триріччя	Друге триріччя	Третє триріччя	Четверте триріччя	
На суглинку	32,5	23,0	18,2	16,6	16,1	15,3
На піщовому ґрунті	31,5	19,7	15,7	14,1	12,9	10,7

Автор данського звіту Іверсен відзначає, що, крім залишків добрива в ґрунті, сама коренева система кожного попереднього врожаю становить помітну складову частину того, що зветься „старою силою ґрунту“, бо при розкладі кореневої маси звільняються поживні речовини, використовувані наступним урожаем.

2. ТОРФ

Про використання торфу для виготовлення гною під скотом і без скоту (штучний гній)

Торф містить значно більше азоту, ніж солома; крім того, азот соломи береться з ґрунту, тому участь соломи в гної означає тільки повернення частини азоту, взятого з ґрунту, тоді як внесення торфу в тому чи тому вигляді є введенням у кругобіг господарства нових кількостей азоту, отже, воно стоїть в одному ряді з такими заходами, як внесення азотистих добрив або збагачення ґрунту на азот з допомогою культури бобових.

Хемічний склад торфу характеризується такими середніми цифрами (у процентах на суху речовину):

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Всієї золи	Органіч. речовини
Мохові (верхові) торф'яники	1,0	0,1	0,2	0,4	4,9	95,1
Лучні (низові) торф'яники	2,8	0,4	0,2	2,0	12,9	87,1

У наслідок того, що площа торф'яників у самій тільки європейській частині Союзу становить понад 22 млн/га, а в Сибіру є зовсім необлічені величезні масиви торфу (щось близько 100 млн. га), розмір загального запасу азоту в торфі колосальний. Але тому, що ми маємо справу з матеріалом, який не витримує далеких перевозів, найбільшу увагу треба звернути на використання торфу в сусідніх з торф'яними болотами районах.

Торф є матеріалом для виготовлення гною вже в тому випадку, якщо його застосовують на підстилку, при тому незрідка кількостями більшими, ніж це потрібно з міркувань тваринництва, але й крім такого „проведення через скотний двір“, можна з торфу готувати добриво, подібне до гною, якщо нейтралізувати кислоти торфу, додати речовин, яких у ньому немає, і, заразивши мікроорганізмами, спричинити в ньому аеробні процеси розкладу з утворенням аміаку і частини нітратів („проведення через компостну

купу^{*)}. Рідше можливе безпосереднє застосування торфу на удобрення.

При застосуванні торфу на підстилку доводиться розрізняти 2 роди випадків: 1) торф'яну підстилку купують для зміни соломи, при чому стараються обійтися якомога меншою кількістю її; така ставка на мінімум характерна для міського і приміського тваринництва; 2) торф, що видобувається на місцях, вводять у підстилку значними кількостями, часто як додаток до соломи, щоб збільшити масу гною, не понижуючи його якості (частіше підвищуючи її).

Це є шлях введення в господарський кругобіг нових кількостей азоту із сторони (відмінно від азоту соломи, взято з ґрунту тих таки полів, урожай яких хотять підвищити). Тут завдання може бути зовсім протилежним — перетворити на гній якомога більше торфу. Така ставка на максимум має інтерес для всіх тих господарств, що мають поблизу торф. Вважаючи на величезність покладів торфу в Союзі, цей захід може набути державного значення як спосіб найдешевшого розв'язання питання про азот у господарствах нашої півночі, що має своєрідну „азотну руду“ у вигляді торфу.

Для нас переважний інтерес має другий випадок застосування торфу на підстилку, але для порівняння ми зупинимось насамперед на дослідях, де торф і солому застосовувалося рівними кількостями. Уже при цьому масштабі ясно проявляються 3 сторони збагачення гною на азот завдяки торфу: 1) торф має багато більше азоту, ніж солома (в 2—4 і навіть 6 разів залежно від роду торфу), і цей азот може поступінно переходити у засвоєвані для рослин сполуки за час розкладу гною при зберіганні; 2) торф усуває головне джерело втрат азоту в гної — вивітрювання аміаку; 3) так само усувається втрати від стікання гнойової рідини, найбагатшої на розчинні азотисті сполуки (рівняючи з соломою і калом). Усунення втрат аміаку через вивітрювання водночас з збереженням азоту гною має друге позитивне значення — аміачна атмосфера в стійлах при зберіганні гною під скотом шкодить здоров'ю тварин; застосовуючи торф, ми усуваємо посутнє заперечення проти зберігання гною під скотом, що його висуває зоогієна; як приклад наводимо такі цифри:

	Вміст аміаку в повітрі (міліграми на літр)	
	Солом'яна підстилка	Торф'яна ¹ підстилка
1-й день	—	0
2-й „	0,27	0
3-й „	0,42	0
4-й „	0,33	0
5-й „	0,42	0

¹ Цифри взято з дослідів, проведених за дорученням Інституту удобрень Болсуновським і Купрієнком.

При солом'яній підстилці втрати азоту доходять за короткий час 20—30%, і це в культурних господарствах; у нас при екстенсивному господарстві вони, звичайно, далеко більші; наскільки введення торфу може зменшити ці втрати, бачимо з дальшого досвіду Feilitzen'a (Швеція). Скот тримали по черзі то 10 день на соломі, то 10 день на торф'яній підстилці в однаковій вагою кількості, при чому гній збиралося окремо, і робився аналіз корму та гною для обліку азоту (втрати за 10 день дорівнювали (у процентах):

При соломі	19,8
„ торфі	7,1

Потім гній зберігали 3½ місяці, і за цей час знову спостерігалось втрати (у процентах):

	Всього азоту	Азот аміаку
У випадку соломи	20	51,3
„ „ торфу	7,4	4,7

Гній, одержаний при торф'яній підстилці, був багатший не тільки взагалі на азот, а й на розчинні азотисті сполуки, ніж гній при солом'яній підстилці; крім того, маса гною була в першому випадку більшою (втрат при зберіганні менше як на сиру, так і на суху речовину).

У наслідок того, що торф'яний гній при укладанні на гнойовищі кладеться щільніше, ніж солом'яний, він потребує менше догляду, тоді як для ущільнення солом'яного гною доводиться докласти багато зусиль.

При постановці польових дослідів і внесенні рівних доз того і другого гною в дослідях Feilitzen'a помітна ясна перевага у врожаях на стороні торф'яного гною; але через те, що торф'яного гною виходить більше, то при такій постановці дослідів різниця в урожаях ще не виражає всієї суми переваг торф'яного гною (можна думати, що виграш на кількості гною ще більший, ніж виграш на його якості). Досліди, проведені в нашій лабораторії, дали результати, що повнотою підтверджують шведські дані. Так, втрати азоту і органічної речовини в звичайному і торф'яному гноі за 3 місяці зберігання доходили таких розмірів (у процентах):

	Звичайний гній	Торф'яний гній
Сухой речовини	53,1	16,5
Азоту	28,9	10,2

При внесенні рівних кількостей того і другого (гною 36 т/га) одержано такі врожаї вико-вівсяного сіна (у ц/га):

Без добрива	39,2
Гній звичайний	49,6
„ торф'яний	54,5

Краще діяння торф'яного гною треба пояснити, звичайно, насамперед його багатством на азот, бо вміст калію та фосфору в ньому не буде більшим, ніж у звичайному гної (питання може бути тільки щодо ступеня їх засвоюваності); але, крім фактора позитивного (багатства на азот, зокрема і багатства на розчинні сполуки), в торфї немає негативного фактора — зайвини вуглеводів (пентозанів тощо), на які така багата солома.

Тим то і при іншій постановці, саме при внесенні рівних кількостей азоту в тому і в другому гної перевага була на стороні торф'яного гною¹.

Урожай (у процентах)

	Без добрива	Гній звичайний	Гній торф'яний
Жито	100	138	159
Турнепс	100	166	184

У вегетаційних дослідах у нас постійно помічалось велику різницю між діянням звичайного і торф'яного гною: перший при внесенні на весні перед посівом, звичайно спричиняється до пониження врожаю (денітрифікація в широкому розумінні слова), торф'яний же гній такого діяння не виявляє; у зв'язку з цим треба поставити особливо добре діяння торф'яного гною при внесенні на весні під картоплю.

Внесено гною		15	27	36	
Приріст урожаю (в ц на 1 га)	{	Звичайний гній	10,4	28,2	26,2
		Торф'яний гній	50,7	51,1	77,7 ²

Відповідно до цього є дані про перебіг нітрифікації в ґрунті при внесенні обох видів гною (мг на кг ґрунту):

	Без добрива	Вміст нітратів	
		Звичайний гній	Торф'яний гній
Травня 16	7,4	5,6	5,3
Червня 6	16,6	20,0	30,2
„ 26	31,4	27,6	45,9
Липня 27	28,0	50,0	70,9 ³

Краще діяння азоту торф'яного гною на врожай залежить від: 1) кращого збереження азоту сечі; 2) кращого використання його в наслідок нормального перебігу нітрифікації (відсутності денітрифікаційних процесів); 3) поступінного втягування азоту самого торфу в процес амонізації та нітрифікації. Вже загальна картина діяння торф'яного гною свідчить про участь азоту торфу в загальному ефекті; коли б мовилося тільки про використання

¹ Див. праці Якушкіна і Константінова в XI томі „Отчетов вегетационных опытов“ та ін.

² Якушкін „Обзор опытов с торфом за 1914 — 1916 гг.“ „Известия Петровской академии“, 1918 р.

³ Купреєнко, в XII т. „Трудов кафедры Частного земледелия Петровской академии“.

азоту рідких виділень, то діяння торф'яного гною було б скороминучим; на ділі ж воно тривале.

Що азот торффу може і в ґрунті підпадати таким процесам, видно з дослідів застосування торффу як добрива, навіть без попереднього змішування з екскрементами; ясно, що триваліший розклад разом з екскрементами сприяє „мобілізації“ азоту торффу. Але в літературі важко знайти прямі досліді, де було б проведено облік участі азоту торффу в утворенні врожаю безпосереднім аналізом його; тому наведемо деякі дані, одержані в нашій лабораторії, що безпосередньо підтверджують цю участь.

Раніше вважали, що азот мохового торффу, що переважно іде на підстилку, особливо важко доступний, лучний же торф легко розкладається; однак уже сам факт успішного розвитку рослин на висушених торф'яниках говорить проти незасвоюваності азоту торффу; так, 1920 р. у нас спостерігалось у вегетаційних дослідах гарний ріст льону і конопель на моховому торффі (із Завідова) без внесення азотистих добрив; внесення вапна і золи сприяло ще буйнішому росту (в грамах):

	Без добрива	Вапно	Зола
Урожай конопель (сухої речовини) на 1 посудину	19,2	39,3	52,1
Урожай льону	12,4	21,1	21,0

Такі ж дані одержано 1921 р.; через те, що азоту ззовні не вносилося, то, очевидно, азот торффу брав участь у живленні рослин.

У другому ряді дослідів той самий моховий торф додавали до ґрунту як джерело азоту, при чому на 10 кг ґрунту було дано 240 г торффу¹, в результаті чого одержано врожаю бульб картоплі на посудину (в грамах):

Без азоту	205,2
Торф	276,5
Торф і зола	317,3
Селітра	298,9

У дослідах Купреєнка з вівсом зроблено визначення азоту в урожаєх, що говорять за значне використання азоту торффу (того таки зразка) при прямому внесенні його в ґрунт (калій та фосфор дано скрізь):

	Без азоту	Торф			Селітра 3 г
		60 г	120 г	240 г	
Азот в урожаї на посудину	170 мг	263 мг	389 мг	508 мг	640 мг

Тут азот брали великими розмірами з продуктів розкладу торффу (до 17% від усього N торффу).

¹ Калійно-фосфатне добриво одержали всі посудини: торф містив 0,8%N.

Подальші праці Логвінової, проведені в лабораторії автора і потім в НУ¹ показали, що в мохових торфах міститься готовий аміак (11—16% від усього азоту, іноді понад 20%), але він тривко зв'язаний ацидоідами торфу і не переходить у водну витяжку, через що його раніше і не помічали; при витисненні ж його солями (або HCl 0,05 н) можна виявити, що в мохових торфах на азот увібраного аміаку припадає близько $\frac{1}{6}$ або $\frac{1}{7}$ від загального азоту, і тому при змішуванні торфу з золою або вапном цей аміак, що глибоко сидить у вбираючому комплексі, звільнюється зразу, незалежно від біологічних процесів; решта ж азоту, що входить у склад органічних сполук, звичайно, може переходити в засвоювані форми лише поступінно, під впливом процесів розкладу органічної речовини, що потім поступінно розвиваються під дією мікроорганізмів. Низові торфи, хоча й відзначаються відсутністю таких значних часток аміачного азоту, але в них органічна речовина взагалі легше розкладається і має значно більше азоту, ніж у мохових торфах.

Торф'яну підстилку можна застосовувати вельми різним способом; якщо нею зовсім заміняють солому, як це незрідка буває в приміських і міських конюшнях, то перевагу віддають волокнистому торфу (*Sphagnum*), бо він має найбільшу вологемність, але з погляду чисто сільськогосподарського не слід економити на торфі, а те, що *Sphagnum* бідний на азот і не розклався, це його хиба (з погляду фабрикації гною). З цього погляду цікавішим є застосування більш перепрілого торфу, в більшій кількості і не замість соломи, а настиланням його під солому; при цьому солому можна міняти (або додавати) частіше, торф можна довше залишати — включно до беззмінного перебування в шарі торфу (значної товщини) протягом усієї зими під скотом.

Іноді буває додаткове застосування торфу не під тваринами, а заду їх ніг, щоб вбирати рідину, що стікає з соломи; або ж торф кладуть під солому, ізолюючи від неї проникною для рідини, настількою з дерева або металу, що вже наближається до завдань окремого зберігання рідких виділень, про які викладено раніше при описах способу Сокслета².

Кількість торф'яної підстилки буває вельми різною, як уже говорилося.

При ставці на мінімум виходять з розрахунку вологемності підстилки, роблячи поправку потім з погляду дбання про чистоту лігва; тим то рекомендується давати на добу: коровам — 4-5; коням — 3-4; вівцям — 0,5; свиням — 1-2 кг підстилки.

Для молочного стада рекомендують прикривати торф шаром солом'яної сітки (0,5 кг на голову за добу), для овець теж

¹ Логвінова. Торф, как источник азота, „Труды НИУ“ вип. 56, 1929 р.

² Сюди належать: 1) спосіб Гарденіна, коли чотирикутну заглибину біля задніх ніг тварини, наповнену торфом, накривають дерев'яною покриткою (дешевої будови), проникною для гнойової рідини; 2) того самого досягають в деяких свинарниках Німеччини (наприклад, під Берліном) прокладанням дротяної сітки між торфом і соломю; мета сітки — заважати тваринам перемішувати торф із соломю і таким способом бруднити лігво (частково досягається відокремлення сечі від калу та соломи).

радиться прикривати торф солом'ю, щоб запобігти забруднюванню вовни дрібними часточками торфу. У конюшнях влаштовують „торфонабивні підлоги“, зповнюючі заглибину шаром щільно утрамбованого торфу з тим, що цей торф залишається на 6—9 (іноді на 12) місяців, а зверху щодня дають свіжу торф'яну підстилку замість тої частини її, що викидають разом з екскрементами; тоді щоденна витрата торфу невелика.

Але зовсім інший підхід до цього питання маємо в господарстві, що використовує торф, який є тут же, і ще заінтересоване не в мінімумі; а в максимумі введення торфу в гній, аби не понизити якості гною. В даному випадку солом'яна підстилка не відпадає, а торф вводиться під нею; це дає змогу застосувати торф у різноманітній формі чи буде це повстаний торф чи торф'яний дріб'язок, торф, видобутий фрезерувальною машиною або нарізаний залізною лопатою, навіть пресований торф і висушений торф — все може бути використане у відповідній формі застосування¹.

У цих випадках вирівнюється перевага мохового торфу, бо всякий торф, якщо його багато, добре вбиратиме рідину, а тоді набувають інтересу види торфу, найбагатіші на азот, тобто низові торфи. Крім великого багатства на азот і того, що вся їх маса легше переходить у розклад, ніж моховий торф, треба відзначити для низових торфів ту перевагу перед моховим, що вони далеко більше мають золи (в тім числі сполуки фосфору та кальцію). Якщо ж у підстилку вводиться дуже великі кількості мохового торфу, то постає небезпека створити при високому вмісті азоту в гної недостатність фосфору і калію, що вимагатиме додаткових заходів, наприклад, введення фосфоритної муки і золи (при розподілі цих операцій в часі або просторі, див. далі).

Типовим прикладом використання торфу для виготовлення гною може правити господарство шенкурських селян (кол. Архангельської губ.); пісковий ґрунт, де не росте клевер, потребує великих кількостей гною, а при недостатності кормів кількість його була зовсім мізерною, якби не вдавалися до перетворення торфу на гній. Якщо поставити питання так: звідки береться азот того хліба, що ним живиться шенкурський селянин, то доведеться сказати, що це — азот торфу. Завдяки торфу (та відсутності посухи) врожай на пісках Шенкурського району в середньому вищий, ніж на чорноземах Надволжя. Практику переходу від азотистих речовин торфу до азоту хліба описується по різному; наведемо кілька випадків.

1) „У волостях, де немає лук і де мало скоту, запобігливий північний селянин за два роки починає готувати торф, „щоб не залишатися без ячної каші“ (на півночі сильно удобрюють гноем ячмінь); з осені торф ріжуть, звозять на двори (під дах), де його витримують рік, щоб торф „вивітрився“. Наступної

¹ Наприклад, торф'яні „цеглини“, якщо вистелити ними підлогу, можуть добре вбирати рідину, що просочується крізь солом'яну підстилку.

осені таким торфом набивають стійла (на 40—70 см), зверху кладуть солому, додаючи її в міру потреби. Цілий рік торф залишається під ногами тварин і поступово підготовляється завдяки розкладові, спричинюваному ферментацією екскрементів (почасти кислоти торфу нейтралізуються аміаком гноєвої рідини); восени гній вивозять на ячмінне поле майбутнього року, а скотні двори набивають новим торфом⁴.

Великі дози гною, вношувані під кожний хліб (під озиме жито і ячмінь, отже, двічі за триріччя), пояснюються не тільки бідністю піскового ґрунту, а й сильним вимиванням поживних речовин у наслідок малого випарування в північному кліматі. Тому чисті пари, поширені в шенкурських селян, в тих умовах не є раціональними — піскові ґрунти у вологих кліматах по змозі не слід залишати без рослин у безморозний час¹.

При описаному способі в стійлах глибокі шари торфу можуть надто повільно промочуватися, тоді частина торфу залишається нерозкладеною (особливо при моховому торфі)², тому має інтерес опис другого способу, а саме:

„Нарізані цеглини торфу мохової підстилки витримують вкупі на садибі місяців 2-3, потім їх застосовують малими порціями на підстилку скоту; в міру забруднення одного шару підстилки, додають новий і т. д.“ Гній виходить чудової якості, що позитивно позначається і на врожах³.

Найбільше поширеним є третій спосіб, однак вельми недосконалий, — це возити торф прямо до скотних дворів з погано осушених низових болот (взагалі низовому торфу віддається перевагу, що пояснюється більшим багатством його на азот і зольні речовини та більшою розкладеністю органічної речовини). Возять торф здебільша в „межипар'я“, і заповнюють ним поспіль заглибину скотного двору, утворюючи товщину в 0,75—1 м, з розрахунку приблизно 40—50 возів на голову скоту, при чому торф залишають під скотом до наступної весни. При осінньому видобуванні буває інший варіант: торф узимку лежить на болоті, на весні його звозять на скотний двір, де його „перетоптує“ скот протягом всього літа; на зиму скот переганяють в теплий хлів

¹ Виковому пару на півночі може перешкодити короткість вегетаційного періоду, тому цікаво випробувати фінляндський варіант викового пару: на весні вику висівають разом з озимим житом (можна додати трохи вівса); після збору вики на сіно жито іде взиму і наступного року дає зерно (при широкорядковому посіві можливе мотиження з осені). Може подекуди можна було б перейти на двоїлля без пару — картопля, ячмінь (почасти горох та ін.); через те, що ячмінь на півночі іде в їжу не тільки у вигляді каші, а з ячного борошна готують ще й невеликі плоскі булочки („шаньги“, добре відомі і в Сибіру), які замінюють білий хліб, то шенкурці і називають ячмінь; „наша північна пшениця“, але на півночі буває також і культура ярої пшениці.

² Вважаючи на те, що при застосуванні мохового торфу дістають гній бідний на фосфор, то слід було б до нижнього шару торфу домішувати фосфоритну муку; вона встигне розкластися раніше, ніж рідина пройде крізь усю товщу (а дальше преципітування вже не є небезпечне). Якщо при вивозі брати гній не пошарно, а на всю товщу, то шари будуть більш-менш перемішані.

³ Купріянов і Розанов. „Сравнительная характеристика разных способов использования торфа на удобрение в Шенкурском районе. Труды Ц. Торфяной станции“, вип. III, 1930 р.

на соломі, а торф'яний гній вивозять в поле восени або на весні бо часто саме торф'яний гній іде під ярину (ячмінь), а гній, добутий на соломі, вивозять на парове поле.

Досвід шенкурських селян, доповнений агрохімічними корективами, можна широко використати при перетворенні на культуру піскових просторів, що до них часто прилягають торф'яні болота.

Але при проведенні сушіння болот не окремими селищами, а як плановий державний захід (з застосуванням екскаваторів тощо) може постати питання — чи не доцільніше в деяких випадках замість возити торф на ріллу саму ріллу перенести на висушене болото, щоб повніше використати його азот, а піскові простори, на які такий багатий Шенкурський район (та й багато інших районів), перетворити на культури дешевим способом азотування, а саме створюючи перелоги з допомогою многорічного люпину, що здатний іти далеко на північ (відмінно від однорічних форм) і потребує для посіву вчетверо менше насіння ніж однорічні люпини. З додаванням фосфоритної муки і калійних солей (або нефелінової породи) многорічний люпин може стати потужним меліоратором піскових і підзолистих ґрунтів півночі та поступинно піднести їх до рівня „клевєрних“ ґрунтів, як це зробив однорічний люпин у Шульца в Люпіці, в Німеччині. Тоді і піски, і підзоли, і болота можна буде використати широко, щоб північ з споживного району дійсно став виробним, не зважаючи на майбутнє велике зростання населення півночі у зв'язку з використанням таких природних багатств, як хібіньські апатити, печорське вугілля, солікамський калій та ін.

Торфний компост (штучний гній з торфу); різні типи компостування

Застосування великих кількостей торфу на підстилку є вже переходом до компостування торфу. У чистій формі це здійснюється в компостних купах, де торф ставиться в умови аеробного розкладу; при цьому бажане введення основ, щоб усунути кислотність торфу, введення недостатніх мінеральних речовин (калій, фосфор, вапно) і зараження бактеріями, щоб азот органічної речовини торфу перевести в розчинні сполуки.

Якщо мають справу з низовим (лучним) торфом, багатшим на золу, то частенько досить тільки дбати про інфекування та аерацію, щоб через деякий час мати матеріал, близький складом до гною; при моховому торфі доводиться більше дбати про усунення кислотності і поповнення недостатності мінеральних речовин.

Чудовим способом поповнити недостатність калію, вапна (і почасти фосфору) в торфі є введення золи в компост, однак у межах, що не спричиняються до лужної реакції); вилуговану золу можна вводити великими кількостями вимиванням калійних сполук, то навіть зручніше в цій формі дати правильніше співвідношення між калієм, фосфором і вапном у компості.

Для інфекування компосту та його забезпечення на сполуки, що легко розкладається, вигідно користуватися, крім гнойової рідини, ще екскрементами, що для них водночас такий компост є гарним засобом використання і дезодорування.

То й же Шенкурськ, що в його районі поширене возіння торфу на скотні двори, дає приклад використання нечистот для

готування торф'яного компосту не на дворах, а прямо ни полях, які мають бути удобрені.

Таке „біологічне компостування“, коли треба триматися реакції, близької до нейтральної, слід розрізнати від випадків, коли ми розраховуємо на певний хемічний вплив з допомогою різкої лужної або кислої реакції, несприятливої для розвитку мікроорганізмів. Якраз з торфу можна уявити собі два випадки „хемічного компостування“ — лужне й кисле.

1) Лужне компостування заслуговує на випробування як спосіб прискорити перехід азотистих речовин торфу в розчинний стан; шлях для цього може бути в наслідуванні способу Ільєнкова та Енгельгардта (див. попередю про переробку кісток), коли береться суміш золи і вапна, щоб добути КОН, можна думати, що підготований таким способом торф міститиме значні кількості розчинних азотових сполук (якщо потім змішати його з відповідною кількістю кислого торфу та інфекувати, то можна сподіватися енергійної амонізації та нітрифікації (2). Кисле компостування торфу з фосфоритом має за мету вплинути на фосфорит; так само і такий компост після нейтралізації кислот можна провести через стадію „біологічного компосту“, але не можна зразу сполучити різні завдання в тому самому компості.

Таке готування „штучного гною“ з торфу в полі може звільнити від затрати великої кількості праці на возіння торфу до дворів, якщо торф є поблизу від полів, що мають бути удобрені.

Як приклад вдалого застосування „біологічного компостування“ торфу наведемо результати одного досліду Rippert'a¹.

Низовий торф, що добре розклався, після роздрібнення зволожувалося розчином з 2,5% K_2CO_3 та 5% мелясу (меляс містив 1,52% N); до цього домішувалося трохи родючої землі, багатої на бактерії; все це перемішували і залишали в купі з 1 липня 1917 р. до березня 1918 р.; спочатку бурхлива ферментація спричинилася до розігрівання купи, потім по сферментуванні цукру температура понизилася; періодично проводилося перелопачування купи і зволоження в міру потреби. На весні 1918 р. було поставлено дослід з добривом під картоплю на ґрунті, дуже бідному на азот. Результат був такий:

Урожай бульб (у перерахунку на 1 га)	
Без азоту	120 ц
10 т.	150 „
20 т.	380 „

Відзначимо, тільки що вигідніше брати золу, ніж поташ, бо з нею дається фосфор і вапно. Як збудник ферментації сеча (або суміш екскрементів) так само частіше набуде застосувань, ніж меляс. При менш розкладених видах торфу, менш багатих на азот і при ґрунтах, бідних на перегній, можна сподіватися

¹ Bied. Centralbl. 1921 р. стор. 47. Rippert ставив завданням одержання торф'яного компосту, багатшого і сільніше діючого, ніж гній.

доброго результату від подвійних кількостей компосту, рівняючи з узятим у наведеному досліді.

3. БЕЗПОСЕРЕДНЕ ЗАСТОСОВУВАННЯ ТОРФУ НА УДОБРЕННЯ

Частіше для цього застосовується лучний торф, ніж моховий, бо лучні (низові) торфи звичайно не мають тої сильно вираженої кислій реакції, що властива моховим торфам; в них більше зольних речовин і азоту, але азот цей лише невеликими кількостями переходить у засвоювані сполуки; тому потрібні значні кількості торфу, і тоді діяння їх многорічне. На Новозибківській станції спостерігалось таке діяння зростаючих доз лучного торфу на жито і картоплю (грунт пісковий).

Культури	Кількість торфу (в тоннах)					
	0	18	36	54	72	108
Жито (1-й рік діяння) (у ц)	5,5	8,4	11,1	12,8	13,6	17,1
Картопля (2-й рік діяння) (у ц)	48	—	62,3	—	86,8	95,4

На Білоруській станції на суглинистому ґрунті при порів'янні діяння торфу і гною на картоплю мали такі врожаї бульб:

	Внесено добрива (в т)			
	0	18	36	54
По гною	132	152	157	—
" торфу	132	139	146	155

З цих цифр бачимо, що недосить було подвоїти кількість торфу проти 18 т гною; для досягнення того самого ефекту потрібна була потрібна кількість торфу (однак, якщо поле ближче до болота, ніж до садиби, то іноді легше привезти потрібну кількість торфу, ніж однократну кількість гною, не кажучи про випадки, коли гною майже немає, як це буває на піскових землях). Незрідка торф для удобрення готують так: нарізаний з осені торф укладають в рихлі купи (клітки) обсягом близько 1,5 куб. м і залишають на зиму; під діянням морозу торф рихлиться; на весні і влітку купи перелопачують і потім розсипчасту землясту масу вивозять на парові поля. Внесення значних кількостей торфу може бути гарним засобом меліорації як бідних піскових, так і важких глинистих ґрунтів. Рідше застосовують на удобрання моховий торф. Крім більш кислій реакції, він одрізняється від лучного більшим вмістом нерозкладених вуглеводів (клітковини і пентозанів) і меншим вмістом азоту. Правда, частина цього азоту є в формі аміаку, увібраного ацидоідами торфу, і в цьому різниця мохових торфів від низових; так, наприклад, у процентах від загального азоту на аміачний азот припадало:

Мохові торфи	Лучні торфи
Завідово 19,6	Бісерово 1,3
Алферово 14,1	Болшево 1,4

Цей увібраний аміак при наявності в ґрунті основ для нейтралізації ацидоїдів торфу стає доступним рослинам в перший же рік, але потім доводиться зважити на те, що не тільки решта азоту тривко зв'язана з органічною речовиною, а й велика кількість безазотистих речовин (клітковини та пентозанів) у моховому торфі може негативно діяти, коли вони під впливом мікроорганізмів ґрунту починають розкладатися. Тому можливі випадки, що слідом за позитивним діянням внесення мохового торфу в перший рік і наступних років починається негативне діяння або відсутність всякого діяння, тоді як при внесенні значних кількостей лучного торфу діяння його на другий і третій роки посилюється, рівняючи з першим роком.¹

Тим то моховий торф краще застосувати на підстилку або підготовляти його тривалим компостуванням (з вапном або фосфоритом, з золою, з міськими покидьками), раніше, ніж виносити як добриво.

Мішаний компост як спосіб використання різних садибних покидьків

Взагалі кажучи, компост являє собою суміш, поперше, речовин, що розкладаються і що дають елементи поживи рослинам, а подруге,—таких речовин, що можуть затримувати, запобігати втратам продуктів розкладу. До складу компостної купи входять найрізноманітніші матеріали, що або являють собою тваринні покидьки, які попутно одержується в господарстві (наприклад, трупи здохлих тварин, кістки, роги, копита, шерсть, шкідливі комахи, якщо вони скупчуються при знищенні значними кількостями, екскременти, або ж ці матеріали являють собою покидьки рослинного походження, наприклад, зіпсовані корми, бур'яни тощо. Далі, в компост надходять різні покидьки з садиби, як сміття з двору, часто багате на органічні речовини, зола з печей, вапняне сміття тощо—все це можна корисно вжити для компосту.

Другою складовою частиною купи, що має за мету увібрати продукти розкладу, є звичайна земля, що для цього повинна мати значну вологемність і містити по змозі значну кількість органічних речовин. Для цього придатна земля з домішкою рослинних залишків, як земля з канав, пил від очищення вулиць, в якому міститься до 2,0% азоту (крім того зазначають, що вуличний і шляховий пил містить ще деяку кількість калію, який утворюється від уламків каміння з шосе, але засвоюваність цього K_2O невелика). Ще краще для цього додавати торф, що має значну вбирну здатність і містить азотисті органічні речовини, що при наявності основ та при надмірі мікроорганізмів також можуть розкладатись (див. сказане раніше).

До складу колгоспу можуть увіходити дуже різноманітні матеріали, але стараються добирати їх так, щоб з матеріалами,

¹ Див. Логвінова, „Использование торфа в сельском хозяйстве“. „Труды НИУ“ вип. 104, 1933 р.

які швидко розкладаються, наприклад, м'ясними покидьками, не вносити в ту саму купу такі, що важко розкладаються, наприклад, шерстяні покидьки, бо тоді трудно визначити час стиглості компосту і марно втрачаються поживні речовини. Для речовин, що повільно розкладаються, можна закладати окремі (підготовні) купи.

При готуванні компосту матеріали по змозі роздрібнюються, перемішуються і зволожуються або водою, або геюйовою рідиною (остання, крім поживних речовин, вносить і ферменти для розкладу). Щодо розміру куп, в які вкладається матеріали для компосту, звичайно дається такі вказівки: при довільній довжині їм надають ширини близько 2 м, вгорі трохи вужче, знизу ширше, і висоти близько 1 м.

Догляд полягає в тому, що коли поливають і перелопачують для перемішування і для того, щоб повітря могло проходити всередину купи.

Час, потрібний на те, щоб матеріали повнотою перегнили, і компост був придатний до вжитку різний, залежно від складових частин компосту; на це буває потрібно від кількох місяців до 1 року. За критерій стиглості звичайно править однорідність компостної маси.

Компост є досить універсальним добривом. Застосовуваний найчастіше в садах і городах, охоче застосовується компост також і там, де потрібен гарний розподіл добрива, наприклад, при вдобренні лук; гній тут може спричинитися до етіювання рослин в теплу пору року, а компост можна розподілити рівномірніше.

Земляний компост звичайно являє собою швидкодіюче добриво, і діяння його здебільша обмежується одним роком (діяння торф'яного компосту триваліше).

4. МІСЬКІ НЕЧИСТОТИ

Значна частина продуктів рільництва прямо або побічно іде на харч людині, отже, виділення людського організму повинні містити великі кількості азоту і зольних складових частин, взятих рослинами з ґрунту.

Рівняючи з екскрементами травоядних, виділення людського організму повинні бути процентно багатші (рахуючі на суху речовину) на азот і фосфорну кислоту, поперше, тому, що їжа людини має більше білків, ніж корм травоядних; якщо, наприклад, в кормі тварин (сіні)міститься 1,5% азоту, рахуючі на суху речовину, то в їжі його буває від 2 — 3% (зерна хлібів) до 15% (м'ясо). Подруге, ця їжа більш стравна, отже, більша частина її оксидується, даючи H_2O та CO_2 , а тому сума покидьків, що залишається після проходження через організм, ще більше збагачується процентно на азот, ніж в організмі травоядних. Залежно від роду їжі нестравні залишки її плюс суха речовина сечі можуть містити до 15% азоту, що тут інакше розподіляється між твердими і рідкими екскрементами; в сухій речовині

твердих виділень міститься 5—7% азоту, а в рідких — між 17 і 20%, крім того, в людині маса рідких виділень переважає над масою твердих, відмінно від травоядних. Так, для коня виділення кишок відноситься до виділень нирок (сирої маси) як 5:1, а в людини — 1:9; таке саме зворотнє відношення зберігається і для сухих речовин.

В середньому людина виділяє за добу близько 133 г твердих екскрементів і 1200 г рідких; в них міститься (в грамах):

	в твердих	у рідких
Сухої речовини	25	50
Азоту	2	12
Золи	4,5	14
Фосфорної кислоти	1,35	1,78
K ₂ O	0,64	2,29

Отже, більша частина азоту міститься в рідких виділеннях, при тому в формі не тільки розчинній, а й придатній безпосередньо для удобрення без дальших підготовчих операцій¹. Але для утилізації важливо, крім абсолютних кількостей, знати і процентний склад, що найбільше залежить від вмісту води; виявляється, що домішкою води всі матеріали знецінені значною мірою; склад їх такий (у процентах):

Тверді екскременти	Рідкі	Суміш їх
H ₂ O	75	95
N	1,5	1
P ₂ O ₅	1,0	0,15
K ₂ O	1,5	0,18
		93
		1 і менше
		0,2
		0,1

Вміст поживних речовин в цих виділеннях залежить від роду споживуваної їжі та способу збирання їх. Чим краще їжа, тим багатші на азот екскременти, якщо їх однаково збирають. Мюнц, досліджуючи покидьки з приміщень заможного класу, знаходив азоту 0,869%, фосфорної кислоти — 0,324%, а з приміщень робітничого населення — азоту 0,549; фосфорної кислоти 0,167; калію було в 1½ раза менше в останньому випадку².

Але звичайно, чим культурніше населення, тим більше воно вживає води. В такому випадку виділення розріднюються, і постає протилежна картина процентного вмісту поживних речовин: у наслідок значної кількості додаваної до екскрементів води, виділення класів, що краще харчуються часто менше N та P (процентно) завдяки сильному розрідненню. Цей вміст великих кількостей води в міських покидьках став на шляху здійснення

¹ Сечовина легше дає амоній-карбонат в ґрунті і навіть у рослині.

² На скільки склад виділень від умов харчування, показує такий факт: під час війни в Австрії у зв'язку з недостатністю азотистих сполук на воєнні потреби були зроблені спроби добувати аміак з рідких виділень у місцях їх скупчення — в російських таборах полонених. Але при поганому харчуванні вміст азоту в сечі виявився в кілька раз нижчим проти нормального, і виявилось, що всі розрахунки, побудовані на середніх цифрах, нереальні (Dafert).

пропозиції Лібіха — повертати в ґрунт все, взяте з нього, безпосередньо використовуючи на удобрення не тільки гній, а й виділення людського організму. Якби цю ідею було здійснено, то мінеральних добрив потрібно було б тільки одноразово для піднесення врожайності ґрунту на потрібну висоту, а щорічне винесення поживних речовин поповнювалося б використанням покидьків. Але низькопроцентність (а тому громіздкість) міських нечистот ставала тим більшою перешкодою до цього, чим енергійніше росли міста, чим на більшу віддаць повинні були розподілятися нечистоти; це й привело кінець-кінцем до системи каналізації, тобто до ще більшого знецінення міських нечистот як добрива. Щоб показати, про які кількості поживних речовин тут мовиться, зробимо підрахунок для азоту: якщо за день на людину припадає 14 г азоту, це становитиме близько 5 кг азоту на рік, що на 160 млн мешканців нашої країни дає 800.000 тонн азоту, тобто вдвоє більше річної продукції азотних заводів Німеччини, яка щодо розвитку азотної промисловості посідає перше місце на земній кулі.

Поскілки в нашій країні більшість населення живе в будинках, що не мають каналізації і нечистоти доводиться вивозити з приміщень, то питання про правильне використання азоту, що міститься в них (та інших поживних речовин) заслуговує на увагу, тим більше, що його можна розв'язати в одночас з усуненням того смороду, джерлом якого є в околицях залюднених центрів міста, куди скидається нечистоти.

Склад нечистот, уживаних на удобрення, різний, залежно від способу збирання їх. Найпростіший — це система вигребних ям, але вона не зручна як з погляду санітарного, так і з погляду одержання добрива, бо при цьому заражається ґрунт, вивозка відбувається недосить часто, тому азотисті речовини посилено розкладаються, виділяється багато газів, що псують повітря і втрачається значна кількість азоту.

Система рухомих ящиків або бочок, коли екскременти збирається у вивізні резервуари і викидається в міру нагромадження, бувши кращою від першої з обох зазначених поглядів, дуже обтяжлива для значних виселків, бо потребує великої кількості підвод для своєчасного вивезення нечистот¹. Але вона зручна на селі, якщо взяти заходів до усунення запаху та втрат аміаку.

Найкращим способом одночасно усунути запах, зберігти азот і зробити операцію викидання нечистот простішою є регу-

¹ В Голландії в невеликих містах застосовували іноді пневматичну каналізацію Лірнура (її не слід змішувати з звичайною спливною каналізацією). Центральний резервуар при цьому з'єднується сіткою труб з окремими резервуарами будинків; для виділення нечистот, випомповують повітря з центрального резервуара, а потім відкривають крани труб окремих резервуарів, і нечистоти під дією повітряного тиску надходять у загальний резервуар. При такому способі збирання нечистот уникають їх розріднення, і екскременти збираються свіжими в цементний резервуар, відки вони або йдуть у продаж городникам, або їх висушують для готування пудрети.

лярне присипання їх торф'яним порошком — тоді не важко часто викидати з убиралень ящик або залізне відро (подвійного проти звичайного діаметра), викидаючи вміст у компостну (або гнойову) купу. За західними даними вважають, що при цьому досить 60 кг торф'яного порошку на рік на одну людину. У нас є дані Алферовського торф'яного господарства, згідно з якими мінімальними кількостями для вбирання нечистот є такі на 1 людину за рік (у кг):

Торф'яна підстилка	82
Торф'яний порошок	72
Торф'яний дріб'язок	167
Провітрений низовий торф	167

Масу, одержувану при регулярному засипанні убиралень торфом („торф'яно-фекальне“ добриво), застосовується на городах, під коноплі та силосні рослини в кількості 15—30 т, під хліба 10—12 т/га. Де немає торфу, іноді вдаються до засипання убиралень солом'яною січкою; поблизу лісопилних заводів торф може бути замінений опилками, поблизу сукових фабрик — шерстяними покидьками. Можна застосовувати і суху землю, якої потрібно трохи більше (700 г в день на людину або близько 250 кг на рік).

В містах для усунення запаху вдаються іноді до введення в убиральні залізного купоросу (FeSO_4), якого потрібно тільки 10 кг за рік на людину, при цьому водночас усувається запах сірководню і зв'язується аміак¹.

В Європі подекуди з цих покидьків готували пудрети, тобто висушували їх і перетворювали на порошок, щоб позбутися води і зробити добриво витривалим для перевезки на великі віддалі. Найпростіший спосіб готування пудрета є в тому, що матеріал, засипають в ями, де він відстоюється, рідину викидають, осад викладають на краї ями і дають йому висохнути. Однак, висихання вологоємної маси відбувається повільно, супроводиться сильним розкладом, втрачається багато аміаку. Одержаний матеріал містить до 2⁰/₀ азоту і 4⁰/₀ фосфорної кислоти. При сушінні застосовують іноді торф'яний порошок та інші матеріали, що дозволяють зменшити втрату азоту. Іноді сушать з доданням кислот для затримання NH_3 , додають також суперфосфат; тоді продукту часто дають назву штучного гуано.

Під Парижем практикувалося один час такий спосіб утилізації нечистот: всю масу без відстоювання переганяється з домішкою $\text{Ca}(\text{OH})_2$, аміак вловлюється сірчаною кислотою, після чого він іде в продаж як $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; решта маси відстоюється утворюючи осад і шар рідини в горі; рідину зливають, а осад сушать, попередньо піддаючи центрофугуванню. В таких випадках використовується дуже повно азот (почасти в дистилаті почасти в осаді, перетворюваному на пудрет): і фосфорна кислота (в осаді,

¹ В Китаї буває ще такий спосіб: екскременти змішується з глиною, формується в плитки, висушується і в такому вигляді вони йдуть у продаж як матеріал, зручний для обертання (і перевезу водним шляхом).

в-сполуці з вапном); лише калійні солі виходять з водами, як менш цінний і важче відокремлюваний матеріал.

Пудрет звичайно містить азот у формі використовуваної рослинами краще, ніж азот гною. Так, у перший рік з пудрету переходить у засвоєний стан до 56—60% азоту.

В Голландії при застосуванні необроблених (сирих) нечистот, привозячи їх з міста, вміщують у резервуари, розводять водою і додають до них гнійову рідину або ще щось, що може внести елементи поживи рослини (макуха). Підготованою ферментацією рідиною користуються, поливаючи нею восени розорані поля (значення ферментації раніше перебільшувалося).

Нечистоти являють собою переважно азотисте добриво, і їх можна застосовувати під хліба, трави, прядивні рослини, кормові коренеплоди; під цукровий буряк їх рідше вживають, так само як і під кращі сорти тютюну, вважаючи на значний вміст хлоридів та зайвину азоту. Найкраще вживати нечистоти під городні культури (але не під столову картоплю), бо на поля важно доставляти водянисті маси. Це добриво діє досить швидко, але ненадовго, і його доводиться часто повторювати. При вживанні екскрементів як добрива незрідка помічалось несприятливе діяння їх на фізичні властивості ґрунтів, наприклад, глинисті ґрунти під їх впливом стають більше схильними спливатися, що пояснюється почасти вмістом кухонної солі (витиснення кальцію); на торф'яних ґрунтах, навпаки, вони виявляли сприятливий (ушільнюючий) вплив.

Легкості пересування і переміщення міських нечистот можна досягти і засобом, протилежним висушуванню — сильним розрідненням їх, так, щоб маса могла рухатися по каналах, як зрошувальна вода, це каналізаційна система викидання нечистот. При такому способі рідина містить небагато сухих речовин: наприклад, від 2 до 3 частин сухих речовин на 1000 частин води.

Таке змішування покидьків з водою спочатку робили тільки, щоб очистити від них міста. Міста спускали екскременти разом з дощовими та іншими водами і спрямовували їх або у великі річки, як, наприклад Сену в Парижі, або через устя Темзи в море, як у Лондоні. Досвід показав, що такий спосіб викидання нечистот дуже шкодить органічному життю річки в тих місцях, де спускаються нечистоти: риба перестає водитися на значному протязі, кількість розчиненого кисню сильно знижується, число бактерій збільшується. Щоб знешкодити ці нечистоти, пробували було застосовувати механічну фільтрацію їх, але при цьому затримуються тільки змулені частини; хемічні способи осадження давали малоцінні невикористовувані осадки. Крайсьм виявилось фільтрування каналізаційних вод через ґрунт; проціджування крізь це середовище, населене мікроорганізмами і пористе, не є механічною операцією, воно зв'язане з рядом хемічних перетворень у фільтруваній рідині, спричинених переважно діяльністю мікроорганізмів; органічна речовина піддається оксидатії аміаку, азот переходить у форму нітратів; після окси-

дації рідина буває світліша і знешкоджена. Цим біологічним фільтруванням і почали почасти користуватися для сільськогосподарських потреб, як засобом удобрення.

Поля зрошення існують тепер в багатьох великих містах Європи, однак, у наслідок дорожнечі землі і самої культури поблизу великих міст, скрізь мета знешкодження є першорядною, а сільськогосподарська — побічною; так, у Парижі за рік на 1 га цих полів доставляється понад 50.000 куб. м рідини, що в перерахунку на гній по азоту дорівнює 500 т гною, тобто в 5 разів перевищує норму. Це вже мало відповідає ідеї Лібіха про повернення в ґрунт взятого з нього врожаю.

На полях зрошення розвинена головню городня культура; культурні рослини добре вдаються, знаходять собі забезпечений збут, і орендна плата за землю, зрошувану нечистотами, постійно зростає. Врожай на полях зрошення величезні, так, кормовий буряк, наприклад, дає до 100 т, та все ж культура покриває тільки частину витрат на утримання полів зрошення.

У великих розмірах влаштовано поля зрошення в Берліні: ці поля займають понад 10.000 га; вважають, що в середньому на людину надходить до 100 л рідини; при розрахунку площі полів зрошення приймають на 350 чол. 1 га. Якщо перерахувати всю кількість рідини, що надходить на 1 га, на гній по азоту, то виявиться, що вона відповідає 300 т гною. Отже, і тут утворюється величезна зайвина поживних речовин на 1 га в наслідок того, що бажають на одиниці площі знешкодити якомога більшу кількість нечистот (Лібіх мав на увазі протилежне — якомога більшу площу полів удобрити міськими покидьками з розрахунку потреби рослин на поживні речовини). Шар води, що профільтровується крізь ґрунт, не рахуючи атмосферних опадів, дорівнює 1,5 м.

У Берліні на полях зрошення спочатку було заведено дрібну культуру; сіяли головню городні овочі — буряк, моркву, картоплю — для безпосереднього продажу. Часом бували труднощі в збуті, бо овочі ці довше не достигали через значну кількість вологи і азотистих речовин, отже, пізніше надходили на ринок, а при зберіганні швидше псувалися (хоча за дослідями в Одесі цього не спостерігається). Тоді почали культивувати переважно рослини, що мають постійний збут у великих кількостях, наприклад, капусту, що її заквашують у значних кількостях (для армії, тощо), а також кукурузу на корм і кормовий буряк. Рослини ці культивується на грядках, а між рядками пропускається каналізаційну воду по борознах без дотикання з рослинами. Берлін дістає з полів зрошення близько 1 млн. ц овочів за рік, що становить 45% всієї споживуваної ним кількості.

Особливо вдячними за зрошення стічними водами виявили себе трави, саме італійський рейграс, тимофіївка, англійський рейграс, ежа; вони дають 5—6 укосів (не тільки завдяки удобренню, а й зігріванню ґрунту на весні і восени теплими водами). Скот охоче поїдає свіжу траву без будьякої шкоди для молочної продуктивності і навіть якості молока, але сіно з таких місць не так

легко просихає при збиранні (за спостереженнями в Берліні), а крім того в ньому відзначають дуже високий вміст нітратів та хлоридів¹.

Крім городньої культури і зрошуваних лук, частину площі доводиться відводити під зимові басейни. Температура води підвищує температуру землі, і фільтрування відбувається протягом усієї зими². Ці басейни потім ідуть під культуру, але іноді доводиться залишати їх на рік під чорним паром, бо поверхня ґрунту вкривається плівкою різних залишків (головно волокон від паперу), що заважає повітрю проходити всередину, а тому доводиться посилено дбати про прискорення розкладу.

Крім перелічених видів користування, зрошувані площі засаджуються кошикарською лозою, вільхою, плодовими деревами, ягідними кущами і т. ін.

Раніше від інших міст у нас виникли поля зрошення в Одесі на „Пересипу“, ґрунт якого складається з вапна та кварцевого піску (до 98% в сумі); він у природному стані часто неродючий через відсутність поживних речовин, а подекуди через близькість солоної води. Зрошення стічними водами знищує солоність і збагачує ґрунт на поживні речовини. Досліди городньої культури дуже добре вдалися, і справа почала швидко поширюватися³.

Культура на полях зрошення в Москві дала також добрі результати, особливо для капусти, буряка, огірків та інших овочів, далі для еикової суміші, кукурузи на корм і злакових кормових трав⁴ (*Aloperus prat* та *Bromus inermis*) та деревних насаджень (верба і тополя). Дорожнеча землі і великі витрати на культуру змушують незрідка переходити до „біологічного очищення“ стічних вод (як почасти робиться в Москві); в інших же випадках місто прагне віддаляти поля зрошення в пояс менш зайнятих земель, розпродаючи попередню площу під будівлі за більшу ціну (в цей бік схильний іти Берлін); в тому і в тому випадку вирішальне значення належить іншим факторам, ніж дбанню про економне використання азоту, фосфору та калію, взятих урожаєм з ґрунту полів і потрапляючих потім у міські стічні води.

¹ Так Volhard знайшов близько 1,50% Cl та 0,45% нітратного азоту у повітряно-сухій масі (Landw. Vers. Stat. Bd. XV). Про досить великий ряд спостережень над різними культурами повідомлено в статті Jose Gyarias (Z. f. Versuchswesen in Oesterreich, 1906).

² Варто уваги, між іншим, що за цими спостереженнями люцерна рослина, яка добре використовує зрошення стічними водами (але вона немає бульбочок).

³ Цей зігріваючий вплив стічних вод може бути використано для подовження вегетаційного періоду та збільшення числа укосів, що, наприклад, під Міланом доходить до 10; кращі ділянки таких зрошуваних і взимку лук (*marcite*) дають там до 30 т сіна на рік за 10 укосів, що їх знімають щомісячно, крім грудня та січня (див. про це статтю автора у „Вестнике сельского хозяйства“ за 1905 р.).

⁴ Див. статті Селіванова („Записки Ново-Александр. Института“ т. XI), Бичихіна („Записки Общества сельского хозяйства Южной России“, 1893 р.).

⁵ Див. „Об организации полей орошения г. Москвы“, проф. Вільямса (1899 р. і 1901 р.). Про організми, що заселяють забруднені води див. у Нікітінського „Биологическое обследование р. Москвы“, 1909 р.

ПОБІЧНІ ДОБРИВА

У попередньому викладі ми наводили вже чимало прикладів того, що кожне добриво після його внесення в ґрунт не тільки прямо діє, а має і ряд побічних наслідків, що впливають як на властивості ґрунту, так і на рослину, що розвивається. Наприклад, амоній-сульфат, крім прямого діяння, що позначається збагаченням ґрунту на азот, звичайно в тій чи тій мірі підкислює ґрунт, збільшує концентрацію кальцій сульфату у ґрунтового розчині і т. д.

Навпаки, селітра, особливо при систематичному застосовуванні в певних умовах, може зробити ґрунт більш лужним, може вплинути на фізичні властивості ґрунту, отже, її вплив має також ряд наслідків, що їх ми повинні віднести до її побічного діяння. Те саме, власне кажучи, можна сказати і про всякі інші добрива. Однак, у прямих добрив на передній план виступає саме їх пряме діяння, тоді як є ціла група добрив, при внесенні яких ми вже наперед розраховуємо саме на ті зміни в ґрунті, що до них вони спричиняться і що для нас мають значення в зв'язку з посівом тої чи тої культури.

Але це не значить, звичайно, що всі без винятку побічні добрива не можуть в ряді випадків виявляти і непевного прямого діяння; важливо пам'ятати, що в цих добрив таке пряме діяння має лише менше і другорядне значення.

Отже, до числа побічних добрив належать такі, що вносяться в ґрунт не для прямого збагачення його на елементи поживи рослин, а для того, щоб спричинити в ньому ряд змін, наслідком яких є як зміна деяких загальних властивостей ґрунту (наприклад, фізичних властивостей), так і звільнення поживних речовин та перехід їх у розчинну форму.

1. КУХОННА СІЛЬ

За найтипівше побічне добриво хоч воно й втратило практичне значення, можна вважати кухонну сіль, бо в складі її немає елементів, безумовно потрібних для життя рослини. Як таку, кухонну сіль тепер рідко звивають на удобрення, але її вносять іноді мимоволі (наприклад, як складову частину солікамських солей), а тому з діянням її незайво ознайомитися і незалежно від того, що вона являє собою прототип цієї групи добрив.

З учення про вбирну здатність ґрунтів ми знаємо, що при введенні солі одної основи в ґрунт витискується більша або менша кількість інших основ з цеолітної частини; відомо, що можна таким способом навіть повністю замінити кальцій та калій натрієм, якщо діяти повторно великими кількостями солей натрію і усувати прореаговану частину розчину. Тим то внесення солей натрію в ґрунт має побічне значення, бо при цьому витискується певна кількість калію із запасу ґрунту і переходять у розчин.

Це видно з даних такого досліду Франка: високі циліндри (до 2 м заввишки) наповнювалося ґрунтом, і цей ґрунт промивалося чистою водою до очищення від усіх розчинних речовин.

Потім ґрунт промивалося розчином солей калію в одному випадку і розчином солей калію та натрію в суміші — в другому. Якщо вводити тільки калій, то він вбирається у верхніх шарах ґрунту, а якщо домішати соль натрію, то солі калію проходять у глибші шари.

Усі твердження про можливість часткової заміни калію натрієм основані або на цьому витисненні калію з малорозчинних сполук ґрунту, або (в многорічних рослин) на такому ж витисненні калію натрієм в застарілих частинах рослин та пересушенні його до точок росту, як це спостерігав Rippel в такому досліді: якщо зрізані гілки бузка поставити в одному випадку в поживний розчин без калію, а в другому — в такий самий розчин, але з доданням NaCl , то бруньки бузка, що розпукуються, краще постачаються калієм у другому випадку за рахунок витиснення натрієм того калію, що міститься в стеблових частинах рослин у вигляді малорозчинних, але нестійких сполук з властивостями, що нагадують становище калію у вбираючому комплексі ґрунту.

Вважаючи на те, що внесення кухонної солі почасти замінює калійне добриво, то це й є головною причиною того, що внесення натрій-хлориду дає іноді позитивні результати.

Але хлориди на багато які рослини діють несприятливо (особливо на картоплю); інші рослини ставляться до них в певних межах) байдуже. Помічено, що сприятливіше діє NaCl на прядивні рослини і кормові трави; це зв'язується із тим, що таке добриво сприяє розвитку стеблових органів (де переважають калійні солі). Так, в одному досліді на неудобренних ділянках клеверу, наприклад, процент стебел у масі врожаю дорівнював 32, після удобрення NaCl процент стебел збільшився до 52, а якщо стебла становлять мету культури (льон), то позитивне діяння кухонної солі виявляється частіше, ніж в інших випадках.

До сказаного попереду доводиться тепер додати, що останнього часу виявлено випадки деякого позитивного діяння NaCl , незалежного від побічного діяння на ґрунт, бо воно виявляється навіть у піскових культурах — це вплив на осмотичний тиск поживного розчину. Так, Тулайковим було показано, що непоживні солі (NaCl , Na_2SO_4 та ін.) можуть підвищувати вміст азоту в зерні пшениці; в нашій лабораторії одержано дані, що свідчать про можливість піднести вміст вуглеводів у плодах помідорів, олій в насінні гірчиці способом підвищення осмотичного тиску (до певної межі) з допомогою першої-ліпшої нешкідливої солі (досліди Перітуріна); тому можливо, що в колишніх дослідях з кухонною сіллю, крім впливу на калійне живлення, почасти позначався і вплив на осмотичний тиск ґрунтового розчину.

2. ВАПНО

Вапно є найважливішим з побічних добрив, хоча здавалося б і не типовим, бо кальцій належить до числа елементів, потрібних для життя рослин. Але річ у тім, що крім безпосереднього значення в живленні рослини, вапно, внесене більшою кількістю, ніж потрібно для цієї прямої мети, виявляє вельми складний вплив на ґрунт, при чому при вмілому користуванні ним загальні умови життя рослин можуть посутньо поліпшуватися (а при невмілому — погіршуватися). Вважаючи на те, що кількіствношуваного вапна найчастіше визначається не тим, скільки потрібно рослинам кальцію для прямого живлення, а тим, скільки його потрібно, щоб змінити властивості ґрунту в бажаному напрямку, в цьому розумінні залічення вапна до побічних добрив має практичне виправдання, але тому, що застосування вапна вимагає далеко більше знань, ніж застосування гною (і навіть більше, ніж застосування селітри та суперфосфату), то в минулому капризно змінювалися удачі і неудачі в застосуванні вапна для удобрення.

В історії сільського господарства різних країн є чимало прикладів корінного поліпшення ґрунтів та піднесення сільського господарства з допомогою вапнування; але так само є ряд випадків зловживання вапнуванням в ту епоху, коли не знали законів живлення рослин і в справі удобрення ґрунту ішли напромацки.

Так, в Англії ще за часів Плінія вживалося мергель („marga“), що в ньому вбачали немов би концентроване багатство ґрунту — „його тучність“, про те саме є свідчення XVI, XVIII ст.ст. (не кажучи про XIX ст.).

Англія була країною найбільш високих доз вапна і частого повторення вапнування, в ній таки найбільше проявилось (в XIX ст.) те розчаровання, що було наслідком тодішнього нерозуміння різниці між діянням вапна і гною на ґрунт, що за певною межею стає подібним до різниці між вівсом і батогом щодо впливу на коня. Тепер же дослідні заклади Англії (поперш за все Ротамстед) вивчають вплив вапна в усій його складності з іншого погляду і знову надають йому великого значення при поліпшенні англійських ґрунтів, усуваючи помилки давнього минулого й недавнє огульне розчаровання у вапнуванні, спричинене грубим емперизмом практичних господарів.

У Франції — Галлії, що в ній той таки Пліній відзначав застосування вапна, ми маємо тепер дані більш свідомого і доцільного використання того самого способу для поліпшення ґрунтів, особливо тих, що утворилися на граніті, отже, бідних на вапно. Так, Мюнц (Müntz) автор відомої книги *Les engrais*, описує різне перетворення господарства в деп. Loire et Cher, де раніш існувало трилілля з житом і гречкою (найменш вибагливими рослинами) під впливом проведення залізниці, що здешевила доставку вапна: застосування останнього дало змогу ввести клевер, що раніше не вдавався, піднести тваринництво і

як з допомогою згою, одержуваного від клеверу, так і з допомогою прямого впливу клеверу на ґрунт, піднести родючість його до можливості культури пшениці; дальший крок у введенні мінеральних добрив, що найповніше виявляють своє діяння на фоні вапна і органічних речовин, які утворюють насамперед сприятливі фізико-хімічні умови для життя рослин.

Другий наочний приклад для Франції за свідченням того ж таки Мюнца є Бретань — цей півострів облямований „ceinture dorée“ (золотим поясом) великої хліборобської культури здовж берега моря, що Мюнц зв'язує з можливістю доставляти вапно дешевим водним шляхом; внутрішня ж частина півострова, куди дешево вапно не може проникнути, залишається на другому, нижчому рівні культури.

В Німеччині мергелювання також давно застосовувалося; певні вказівки є для XII ст.; в XVI ст. мергель сплавляли на судах по Рейну до нижньорейнських провінцій; XVII ст. відзначається застосуванням випаленого вапняку в цілому ряду областей Німеччини, включаючи Сілезію; на півночі застосували лучне вапно. Для мергеля (очевидно, вперше застосованого) відзначалося кращі результати, ніж для гною, що відбилося в такому загальному висновку: „Відшукання і застосування мергеля привело північну Німеччину від бідності до багатства і знеродючих пустирів утворило благословенну землю“¹.

Але коли почали зловживати повторенням вапнування, особливо в селянських господарствах, то з'явилася реакція проти застосування вапна і набула поширення протилежна формула: „вапно збагачує батьків і зубожує дітей“; став ходячим вираз „ausmergeln“, тобто виснажити землю повторним мергелюванням².

З 80-х років почали підходити до цього питання вже інакше, вбачаючи у вапні засіб оздоровлення ґрунту, створення нормального режиму для ряду бажаних процесів, засіб, що його треба застосовувати не замість гною або азотозбирачів та мінерального добрива, а поряд із ними.

Блискучий приклад правильного застосування вапнування дав Шульц, власник вересового пустиря Люпіц, що став відомим в історії сільського господарства завдяки Шульцу, який знайшов шлях до піднесення продуктивності таких бідних піскових і водночас кислих (бідних на основи) ґрунтів; шлях цей полягав у застосуванні вапна та подальшій культурі на цьому фоні азотозбирачів (бобових) з внесенням калійно-фосфорних добрив; все це тепер впливає із загальних основ. Але тоді (з 1855 р. до 1881 р.) Шульц зазнав у цьому багато невдач, і тільки людина виключної спостережливості та впертості здатна була намітити з допомогою господарського досвіду те, для чого була потрібна праця двох поколінь (Буссенго 1837 р., Гельрігель 1886 р.), щоб науково його обґрунтувати.

¹ Див., наприклад, огляд у статті Соколовського та інших авторів („Сборник по известкованию“, вид. НІУ 1929 р.).

² Відповідно до цього в Англії кажуть „Lime and lime without manure will make both soil and farmer poor“.

Завдяки прикладу Шульца в Люпці та ініціативі берлінського професора Orth'a на питання про вапнування знову звернули увагу, почали вивчати поклади вапняків і мергеля, в Німеччені с. г. товариство почало на виставках демонструвати матеріали про вапнування і виклопотало пониження залізничного тарифу на перевіз вапна, якщо воно призначене на одобрення полів.

Колишня Росія не переживала періоду розчарування в застосуванні вапна з дуже простої причини — застосування вапна, ще, можна сказати, не починалося; воно було невідоме селянству більшої частини внутрішньої Росії, у приватних власників воно траплялося як виняток.

Однак, увагу російських дослідників давно притягувало питання про вапнування; так у перший рік життя Петровської академії (1865) появилася дисертація проф. І. А. Стебута „Вапнування ґрунту“, в ній автор, між іншим, відзначає повну розбіжність нашої с. г. практики з дослідами Західної Європи, де вміле застосування вапнування незрідка давало величезні вгоди. Цікаво відзначити, що Д. І. Менделеев підкреслював можливе значення вапнування для наших ґрунтів у 1872 р.¹ Далі три генерації професорів-агрохіміків Петроградського хліборобського (потім Лісного) інституту (Енгельгардт, Костичев, Коссовіч) спинялися на цьому таки питанні. А. Н. Енгельгардт потім мимовільний господар у Батищеві², вважав вапнування (мергелювання) за необхідне, щоб одержати високі врожаї клеверу на підзолистих ґрунтах (а відомо, що за високими врожаєми клеверу настає і загальне піднесення всієї продуктивності господарства). П. А. Костичев 80-х років також вказував на вапнування, як на засіб піднесення врожаїв на підзолі; далі П. С. Коссовіч у своїх експериментальних працях (з 1898 р.) приділив значну увагу питанням про вапнування (див. „Труды Петербургской с. х. лаборатории“, том I-VI), виходячи з завдання піднести родючість ґрунтів опідзоленої зони; крім того він мав гарні результати при застосуванні лучного вапна на підзолах кол. Смоленської губ. Одночасно (з 1897 — 1898 рр.) почалися роботи над вапнуванням і в нашій лабораторії (див. „Результаты вегетационных опытов“). Далі, проф. Кнірім (Рига) обстоював ширше застосування вапна, окремі дослідні станції (Вятська, Запольська, Енгельгардтівська) дали приклад успішного діяння вапна.

І якщо раніше російське с. г. життя, за винятком деяких кол. західних губернь, зоставалося глухим і німим до всіх вказівок на вапнування, то причини треба шукати, як і щодо, селітри та калійних солей, перш за все в галузі економічних відносин: в передвоєнний час хліб, привезений з півдня до сходу, був такий дешевий, що північ зменшувала заорювання, дедалі більше

¹ Менделеев брав участь у перших польових дослідах з мінеральними добривами в Росії; про вапно див. його промову в „Трудах Вольно-економічного общества“ за 1872 р.

² Його було позбавлено кафедри і вислано за „неблагонадійність“ у Смоленську губ.

переходячи на привізний хліб, а якраз ґрунти північної Росії, опідзолені та заболочені насамперед можуть потребувати вапнування; чорнозем же з природи багатий на вапно. При цьому вапнування коштувало не дешево (палене вапно коштувало 25 коп. за пуд, але його треба було ще везти з міста до господарства); застосуванню м'яких порід, як мергель і лучне вапно, перешкоджала недостатня обізнаність з географією вапнякових відкладів та способами їх виявлення і використання, а воно було б можливе, принаймні в безпосередньому сусідстві з родовищами.

В післявоєнний час північ, відрізана від півдня, повинна була прийти до необхідності піднести хліборобство, і ми бачимо, що питання про вапнування знову ставиться на чергу. Через півсторіччя після виходу книги проф. І. А. Стебута про вапнування директор Московської Обласної станції А. І. Стебут висунув це питання як одне з основних у програмі робіт станції, виходячи з думки, що в справі загального піднесення родючості північних ґрунтів без вапна неможливо обійтися; далі це питання знайшло відгук у „Трудах НГУ“ (тоді — Громадського комітету в справах удобрення), що почав з видання збірника „Известкование почвы“ (1919 р.) з 19 статтями різних авторів¹ про ряд питань, зв'язаних з вапнуванням. Вони правлять за добру ілюстрацію до положення, що найбільших результатів від вапнування треба сподіватися тоді, коли водночас дбають про внесення в ґрунт як мінеральних, так і органічної речовини (будь то гній, клевер або торф).

Поряд літературного матеріалу в цьому збірнику було наведено характерний опис господарського досліду, проведеного проф. Я. Я. Нікітінським в кол. Московській губ. Ґрунт піскового горба, який лежить високо над рівнем р. Нарви, був опідзолений і легко спливався; селяни характеризували його, як зовсім „неродючу суху землю“; спроби культури вівса, картоплі та рису на цьому горбі потвердили цю характеристику. Вважаючи на те, що в яру були виходи рихлого вапняку, а в сусідстві був торф, то було вирішено скористатися з цього матеріалу, щоб поліпшити ґрунтовий шар. Вапняк було видобуто взимку і в сирому вигляді винесено з штольні на мороз; при замерзанні і відтаненні більша частина каменів розсипалася на дріб'язок, і такого дріб'язку було вивезено на горб приблизно 25 ц га. Так само завчасно було накопано торф і залишено вивітрюватися в купах (з доданням вапна), крім того, частину компосту було приготовано з лісового сміття та купин, що розкладалися з вапном торфу (або компосту); вивозилося по 16—17 т на га.

В результаті на цьому горбі почали знімати добрі укуси клеверу, врожаї картоплі по 12—16 т, вівса 13—20 ц, навіть стала можливою культура моркви і буряка при удобренні

¹ Бобко, Бріцке, Глінка, Кочетков, Нікітінський, Прянішніков, Самойлов, Соколовський, Стебут, Стольгане, Фрейман, Шулов, Шустов, Якушкін.

гноєм (і частки фосфатами), а на нижчих ділянках схилу почали вдаватися огірки і капуста, щодо основної заправки ґрунту вапном і перегноем зовсім не було можливе.

У подібних випадках вапнування може бути першим етапом на шляху переходу від неродючого пустиря до городу.

Многорічні досліді, закладені на Московській обласній станції і на Довгопрудному дослідному полі НІУ, дали цінний матеріал для того, щоб досягти діяння вапна протягом ряду років не тільки з допомогою обліку врожаїв ряду культур, а й з допомогою вивчення хемічних та біологічних процесів, що змінюються під впливом вапна.

До цих дослідів приєдналися праці ряду дослідних станцій, значною мірою викликані „географічними дослідями“ НІУ щодо впливу вапна на ґрунти різних зон. Як слід було сподіватися, з суми різносторонніх змін, спричинюваних діянням вапна на ґрунт, складається різний ефект, від високого позитивного до негативного впливу на врожай.

1. З усього багатоманітного діяння вапна на ґрунт найбільш важливим є усунення зайвальної кислотності, боротьба з цим і буває звичайно головною причиною застосування вапнування, решта впливів є додатковими, їх можна здійснити і іншими заходами, в справі ж усунення шкідливої кислотності вапно швидкістю та енергією діяння є здебільша незамінним.

Заміщаючи водень карбоксильних груп у гумінових кислотах, а також водень у мінеральній частині вбираючого комплексу, вапно усуває обмінну кислотність підзолів та інших ґрунтів, ненасичених основами (при чому гідролітична кислотність також більш-менш зменшується), завдяки чому краще ростуть одні рослини і стає можливим введення інших, що раніше на кислому ґрунті не вдавалися; разом із внесенням інших добрив вапнування може перетворювати „житні“ та „вівсяні“ ґрунти на „пшеничні“ та „ячмінні“, дає змогу культивувати клевер і люцерну там, де вони раніше не росли (так, у Данії після введення вапнування межу культури люцерни вдалося просунути на північ—в цьому випадку обмежуючим фактором був не клімат, а вміст вапна в ґрунті).

Також і серед просапних культур вапнування може дозволити культивувати буряк на таких ґрунтах, де раніше була можлива тільки культура картоплі, що краще витримує кислотність ґрунту, ніж буряк.

2. Усунення кислотності, крім значення для самої культурної рослини, позитивно впливає на розвиток у ґрунті ряду мікроорганізмів, що від них залежить нагромадження поживи для вищих рослин. Сюди належать насамперед нітрифікуючі бактерії, *Nitrosomonas* та *Nitrobacter*, діяльність яких при відсутності вапна затримується. Вапнування ж, крім того, що дає основи для зв'язування нітрійної і нітратної кислот, ще й підвищує розклад азотистих речовин, що відбувається з утворенням того енергетичного матеріалу, на якому основана діяльність нітрифікаторів, тобто аміаку.

При внесенні великих кількостей вапна спочатку може особливо посилюватися саме амонізація і лише потім набуває переваги нітрифікація.

У Буссенго при внесенні 1% вапна від ваги ґрунту через місяць утворювалося 76 мг аміаку, а в неудобреному ґрунті тільки 5 мг; для нітратів відношення було в перший місяць зворотним, але потім процес нітрифікації в першому (вапнованому) ґрунті значно наздогнав нітрифікацію в другому, що не одержав вапна. В одному проведеному в нас досліді чорноземний ґрунт при внесенні помірних кількостей вапна (0,2%) виявив підвищену нітрифікацію вже через 3 тижні; отже, тої тимчасової затримки, що її спостерігав Буссенго при 1% вапна, тут не було, абож вона була далеко більше короткочасною і не могла бути помічена при аналізах через тритижневі проміжки¹.

(Ось цифри для цього досліді у міліграмах):

		С т р о к и			
		0	3 тижні	6 тижнів	9 тижнів
Без вапна	Нітрати	58,8	69,3	90,3	96,8
	Аміак	14,0	17,5	26,7	16,8
	(Сума)	72,8	86,8	117,0	113,6
3 вапном	Нітрати	58,8	85,7	120,8	118,3
	Аміак	14,0	14,8	29,4	35,6
	(Сума)	72,8	100,5	150,2	153,9

Те тимчасове нагромадження аміаку, що Буссенго спостерігав при внесенні великих кількостей CaO і яке він схильний був пояснювати чисто хемічним впливом на азотисті (органічні) речовини ґрунту, тепер пояснюється більше біологічним впливом, ніж хемічним, а саме діяння паленого вапна при великих дозах аналогічне тій напівстерилізації ґрунту, що її спричинює так само водень-сульфід, толуол або нагрівання до 98%, після чого також помічається підвищення родючості ґрунту²; роботи ротамстедської станції (Russel, Hutschinson та ін.) показали, що „напівстерилізація“ вбиває інфузорії, амеби та інші Protozoa в ґрунті (які винищують бактерій), спори ж бактерій більш стійкі, тому після перетворення Ca(OH)₂ в CaCO₃ (або після випарування водень-сульфіду, толуолу тощо) бактерії починають

¹ Див. статтю автора в журналі „Опытной агрономии“. 1903 р. 262.

Якщо в кислих ґрунтах вапно без сумніву підвищує енергію розкладу органічних речовин і змінює самий характер процесу, то з цього не треба ще робити загального висновку, що вапно скрізь і при всяких умовах підвищує розклад перегною (див. дослід П. А. Костишева в його книзі „Почвы черноземной области“ та П. С. Коссовіча в журналі „Опытной агрономии“ 1902 р., а також Zemmermann. Landwirt Jahrbücher, 1911 р.).

² Це установив Koch (1899 р.), далі Hiltner, Krüger та ін.; для чорнозему див. праці Коссовіча (1904 р.) і Лебедянцева (1917—1918 рр.).

знову розмножуватися, при тому сильніше, ніж раніше у наслідок зменшення кількості їх антагоністів (Protozoa). Тому, що аміак утворює багато форм, зокрема і такі, що витримують лужну реакцію (а крім того, в кислих ґрунтах може відбуватися витиснення вапном готового аміаку, що був у ввібраному стані), нітрифікація ж тимчасово загаюється, рівняючи з амонізацією (бо нітрифікуючі бактерії чутливіші, від інших), то й спостерігається посилене утворювання аміаку, що тільки трохи пізніше змінюється посиленою нітрифікацією до лужності чутливі також бульбочкові бактерії, тому після занадто сильного удобрення СаО може зменшуватися кількість бульбочок на коренях бобових, і постає потреба на зараження ґрунту відповідними бактеріями).

Крім нітрифікуючих бактерій, вапно сприяє розвитку ряду форм, що засвоюють повітряний азот як таких, що живуть у бульбочках бобових, так і вільноживучих фіксаторів вільного азоту, як *Azotobacter*, що в кислому середовищі не розвивається. Тим то вапновані ґрунти з часом відносно збагачуються на азот, рівняючись з невапнованими.

З другого боку, вапнування в ряді випадків може зменшувати розвиток мікроорганізмів, паразитуючих на коренях культурних рослин: таким є грибок, що спричинює на кислих ґрунтах захворювання на килу в капусти та інших хрестоцвітних (*Plasmodiophora brassicae*).

3. Крім живлення азотом, вапно може впливати і на ті процеси в ґрунті, що від них залежить постачання культурним рослинам зольних елементів, саме—границя між елементами „багатства“ та елементами „родючості“ ґрунту може зсуватися в сторону родючості ґрунту.

Так, на ґрунтах підзолистих вапно сприяє переходу фосфорної кислоти у засвоювані сполуки, що констатовано як аналізом рослин з вапнованих і невапнованих ділянок, так і способом прямого дослідження ґрунтів з допомогою слабокислотних витяжок, так, нарешті, і накладанням вісьмірної схеми на вапнованому і невапнованому фоні.

При багаторічних дослідах помічається, що вплив на фосфати ґрунту проявляється поступінно і є тривалим, тоді, як вплив на перетворення азотистих речовин проявляється швидше, але з часом раніше припиняється, ніж діяння на фосфати ґрунту.

Ці факти ще не роз'яснено в усіх деталях, але намічаються дві можливості їх пояснення: поперше, якщо в кислих ґрунтах переважають сполуки фосфорної кислоти з залізом і глиноземом, то такі фосфати легше віддають фосфорну кислоту в розчин у слаболужному середовищі, ніж у слабо кислому (відмінно від фосфатів кальцію); подруге, відщеплення тої частини фосфору, що зв'язана з органічною речовиною, також може посилюватися під впливом вапнування у зв'язку з підвищенням кількості воднорозчинних органічних сполук за рахунок нерозчинних.

Крім фосфору, у західній літературі є вказівки також на те, що вапно сприятливо діє на перехід калію важкорозчинних мінералів у більш засвоювані форми¹, але щодо наших ґрунтів ця частина питання ще мало висвітлена.

4. Далі, треба відзначити, що вапно, вступаючи до складу вбираючого комплексу, змінює фізичні властивості колоїдів ґрунту й спричинює коагуляцію мулуватих часточок; тому вона може поліпшувати будову важких глинистих ґрунтів, роблячи їх менш зв'язними і вологоємними, більш проникними для води та повітря, і це також сприяє перебігу біологічних процесів. У районах надмірного зволоження вапно, осаджуючи колоїди, запобігає вимиванню мулуватих часточок та перегною з ґрунту і зруйнуванню вбираючого комплексу, що зв'язане з втратою будови та збідненням ґрунту (підзолотвірний процес).

Наскільки сильно вапно діє на фізичні властивості важких ґрунтів, Hilgard демонстрував таким дослідом: він брав глину і робив цеглинки з чистої глини, а також з глини з домішкою вапна (0,5—1⁰/₀); після висушення він кидав їх з певної (однакової) висоти, при цьому цеглинки з вапном розсипалися, а з чистої глини не розсипалися. Це пониження зв'язності важких ґрунтів після додання вапна полегшує обробку їх. Згідно з дослідями, проведеними в Ротамстеді, вапнування важкого глинистого ґрунту зменшувало тягу при роботі плуга на 18—20⁰/₀.

Навпаки, при усуненні вапна, ґрунти навіть найкращої структури стають клейкими і в'язкими і при висиханні дають дуже тверду суцільну масу, подібну до солончаків, в яких увібране вапно заміщене натрієм, тому доводиться дбати про внесення вапна не тільки тоді, коли ґрунт бідний на основи (підзоли), а й тоді, коли в ньому міститься багато небажаної основи в увібраній частині; таке входження натрію у вбираючий комплекс відбувається, наприклад, коли морська вода заливає культурні площі при прориві гребель (Голландія) або, в не такій різкій формі, при надто частому удобренні низькопроцентними калійними солями, багатими на NaCl: в усіх цих випадках саме промивання водою (дощем) не допомагає, бо воно вимиває тільки вільний NaCl, не вимиваючи Na, що замінив Ca в цеолітній частині (це характерно і для природних солончаків), і треба знову вводити вапно, що може витиснити Na.

Кількість вапна для підтримання нормальних властивостей ґрунту в різних випадках буває дуже різною. Чим сильніше розвинена колоїдална частина ґрунту, тим більше мусить бути в ній вапна, щоб затримати колоїди ґрунту в осадженому стані. Якщо раніше намагалися дати загальні норми, запевняючи, що для піскових ґрунтів досить вмісту кальцію в 0,1, а для глинистих потрібно, принаймні, 1⁰/₀, то ці колишні вказівки стали надто грубими тепер, коли можна виходити з ємності вбирання та ступення насиченості кожного ґрунту основами. Якщо у вби-

¹ Крім колишніх дослідів Дітріха, це впливає з дослідів Goldschmidt'a та Johnson'a (Христіанія, 1922 р.).

раючому комплексі немає натрію, то ті кількості кальцію, що потрібні для усунення кислотності, звичайно достатні і для надання ґрунтові бажаних фізичних властивостей.

5. Поряд відзначених моментів впливу вапна на ґрунт, у деяких випадках може відігравати роль і пряме значення кальцію для деяких рослин, що відзначаються підвищеною потребою на нього проти хлібних злаків. Останні відзначаються вельми низьким вмістом вапна в зернах (0,06%), а якщо в соломі кальцію і більше (0,26% CaO), то цей кальцій повертається назад у ґрунт разом з гноєм; через те ж, що у вбираючому комплексі культурних ґрунтів кальцій являє собою переважний елемент, то неймовірно, щоб для хлібів був випадок прямого невивантаження кальцію.

Але інакше може стояти справа для інших рослин, якщо їх урожай виносить далеко більше вапна. З цього погляду культурні рослини можна поділити приблизно на такі групи за внесенням вапна (CaO) з урожаем (див. табл. нижче).

При таких різницях природно, що, наприклад, люцерна (даючи до того ж по кілька укосів за літо) може відчувати недостатність вапна там, де жито не відчуває його, і в поясненні того факту, що люцерна не вдається на бідних ґрунтах, значна роль повинна належати її високій потребі на вапно (це стосується і піскових ґрунтів і підзолів, але в останньому випадку водночас відіграє роль і реакція ґрунту).

I 20 — 40	II 40 — 60	III 60 — 120	IV 120 — 250	V 300 — 400 кг
Жито Пшениця Ячмінь Овес	Картопля Горох Вика Квасоля Льон	Кукуруза Люпин Кормовий бурак —	Клевер Цукровий бурак Тютюн, рапс Люцерна	Капуста

Треба відзначити, що з порівняння даних про кількість вапна, вивнесеного врожаем, не можна робити висновку про ставлення рослин до реакції ґрунту та вапнування. Так, наприклад, люпин, що виносить значно більше вапна, ніж ячмінь, витримує кислотність ґрунту далеко краще, ніж ячмінь, а вапнування витримує погано. Також і для льону з вапнуванням доводиться бути обережним, хоча воно виносить кальцію більше, ніж овес, і кислотність ґрунту витримує гірше від вівса.

Ознаки ґрунтів, бідних на вапно і багатих на нього. Вважаючи на те, що не тільки культурні рослини, а також (і навіть з ще більшою амплітудою) і дико ростучі форми ставлять різні вимоги до реакції ґрунту та до вмісту в ньому вапна, то можна вже з цього до певної міри зрозуміти, чи потребує ґрунт вапнування. „Там, де росте дуб, бук, акація, шипшина, ожина — вапнування не потрібне“; навпаки, щавель і осоки („кислі злаки“) вказують на недостатність вапна; *Rumex acetosella*, *спergula arvensis*, *Chrisantemum segetum* види *Agrostis*,

здатні обходитися з малою кількістю вапна (або витримувати кислу реакцію ґрунту), витісняють в таких випадках інші рослини, що потребують більше вапна; продовження того ж ряду становлять ситники, осоки, хвощі, мохи, верес; внесення вапна витісняє цю флору, даючи поштовх до розвитку клеверів і справжніх („солодких“) злаків.

Такі спостереження можуть дати дуже цінні вказівки, але треба мати на увазі, що не можна взяти, наприклад, дослід Швейцарії і перенести його на Алтай або в Саяни, бо він є вірним тільки в межах одної кліматичної зони. „Та сама рослина у вологому кліматі вдається на сухому вапняку, якого вона в сухому кліматі уникає. В центрі свого ареалу, в оптимальних для неї кліматичних умовах часто та сама рослина трапляється на різних ґрунтах, успішно конкуруючи з іншими, а на периферії області, що її вона займає, в наслідок меншої конкурентоздатності, при несприятливих кліматичних умовах, вона оселяється тільки на найбільш відповідних для неї ґрунтах, і тоді стає гарним показником ґрунтових особливостей“ (Шретер).

В межах одної кліматичної області поширення бур'янової флори виявляє певний зв'язок з реакцією ґрунту; так, для північної Європи (Норвегія) Нільсон спостерігав такі розподіли окремих рослин в зв'язку з визначенням рН (у процентах):

	pH					
	<5,6	5,6— 6,0	6,1— 6,5	6,6— 7,0	7,1— 7,5	>7,5
<i>Viola tricolor</i>	5,5	28	17	—	—	—
<i>Gnaphalium silvaticum</i>	31	46	23	—	—	—
<i>Potentilla argentea</i>	—	47	53	—	—	—
<i>Raphanum raphanistrum</i>	—	70	80	—	—	—
<i>Rumex acetosella</i>	42	38	18	2	—	—
<i>Alchemilla arvensis</i>	34	16	31	19	—	—
<i>Scleranthus annuus</i>	54	23	17	6	—	—
<i>Spergula arvensis</i>	50	22	22	6	—	—
<i>Chenopodium album</i>	57	20	8	3	6	6
<i>Achillea millefolium</i>	7	21	22	13	20	17
<i>Cirsium arvense</i>	5	9	11	17	28	30
<i>Stellaria media</i>	7	4	10	15	34	30
<i>Sinapis arvensis</i>	—	—	18	16	30	36
<i>Plantago major</i>	4	4	9	18	37	28
<i>Galium aparinum</i>	—	—	13	22	54	11
<i>Sonchus arvensis</i>	6	3	3	17	32	39
<i>Convolvus arvensis</i>	3	6	2	15	30	44
<i>Atriplex patula</i>	3	1	5	10	37	44
<i>Medicago lupulina</i>	—	1	—	5	63	31
<i>Lamium purpureum</i>	—	—	12	38	50	—

При розпізнаванні властивостей ще неперетворених на культуру просторів дика флора може виявляти різкі відхилення від нейтральної реакції. За приклад такого розподілу за відтінками кислотності правлять (Фінляндія, Kotilainen):

	рН			
	< 3,6	3,6—4,0	4,1—4,5	4,6—5,0
	(у процентах)			
Carex blobularis	69	31	—	—
Ledum palustre	84	11	—	—
Vaccinium vitis idaea	85	8	—	—
Calluna vulgaris	70	10	20	—
Egophorum vari	62	18	15	1,7

Як приклад різного ставлення культурних рослин до реакції ґрунту і вапнування наведемо дальші дані Леммермана, добуті на запільній ділянці, де окремі частини площі дуже засмічувалися шпергелем і де при дослідженні виявилось, що ґрунт на них кислий; було поставлено дослід з різними рослинами, при тому так, що смуга з кожної рослини проходила через частини поля з різною кислотністю, і можна було спостерігати вплив вапна на різні рослини на фоні різної кислотності. Наведемо врожай пробних квадратів (1 м²) для різних рослин залежно від реакції ґрунту (без внесення вапна) (див. таб. далі).

Тут (згідно з загальним правилом) виявилася найменше чутливість до кислотності у вівса та жита, найбільша (серед хлібів)—у ячменю, пшениця стоїть посередині. Люцерна взагалі погано розвивалася на даному ґрунті, і при рН=4,0 вона випа-

	Частини смуги					Урожай № 5 у процентах від № 1
	1	2	3	4	5	
	(у грамах)					
рН (KCl)	6,3	5,3	4,7	4,2	4,0	
Овес	741	—	740	529	449	61
Жито	905	827	622	622	460	51
Пшениця	640	507	402	392	250	39
Ячмінь	—	570	552	348	102	18
Люцерна	181	127	—	36	0	0

дала зовсім, але досить було дати 3 т вапна на 1 га, щоб одержати гарний травостій люцерни.

Крім різних рослин, є спостереження над картоплею, що, подібно до вівса, виявляючи стійкість щодо кислотності ґрунту, не відмирала (хоча й терпіла навіть при рН=3,5; люпин і серадела добре росли на ділянках з найбільш кислим ґрунтом, при чому на картоплі і люпині в цих випадках помірно вапнування дуже добре позначалося, а серадела навіть не реагувала на нього.

Амплітуда рН ще ширша, якщо взяти південні культури, а також і представників деревної рослинності; наприклад (за Vager) маємо:

Культури	Нижня межа росту	Оптимум	Верхня межа
Бавовник	4,5	6,5—9,0	9,5
Чайний кущ	2,3	4,8—6,3	7,5
Кофейне дерево	3,5	5,5—7,5	8,5
Агава	4,5	6,5—8,9	10,0
Люцерна	5,0	7,2—8,5	9,5—10,0
Бук	3,6	4,7—8,2	8,5
Дуб	—	4,5—7,5	8,5
Сосна	2,8	4,0—8,2	8,5

Поскілки в різних авторів норми рН для різних рослин не тотожні, наведемо тут для порівняння за тим таки джерелом відповідні дані для звичайних у нас культур:

Культура	Нижня межа росту	Оптимум	Верхня межа
Пшениця і ячмінь	4,0	6,5—7,0	9,0
Овес	3,5	5,5—6,0	9,0
Картопля	3,5	5,2—7,2	8,5
Кормовий буряк	4,0	5,8—7,5	9,0
Коноплі	4,5	6,5—8,4	9,5
Кукуруза і просо	4,0	6,5—8,5	9,5
Клевер	4,0	5,8—7,0	8,5
Люпин	3,5	4,0—6,0	7,5

Отже, визначення рН, дійсно, може давати певні вказівки на потребу ґрунту у вапні для тої чи тої рослини, одначе, як і щодо користування показами дикої флори, не можна ті самі норми рН переносити на ґрунти різних типів—треба брати на увагу місцевий досвід і встановлювати показники для даної ґрунтової відміни.

Відносність значення показу рН залежить від того, що концентрація водневих іонів є дуже важливим, але не єдиним фактором, що визначає ставлення рослини до ґрунтового розчину, і концентрація інших іонів (особливо Са) може пом'якшити вплив концентрації водневих іонів (див. сказане у вступі про вплив CaSO_4 та CaCl_2 на ставлення рослин до кислотності, а також далі про вплив вапнування).

Тому в описаних попередю дослідах були випадки різного ставлення тої самої рослини до тої самої реакції (наприклад, $\text{pH}=4,0$), залежно від того, чи була ця реакція властива первинному ґрунту, чи вона була піднята помірним вапнуванням з 3,5 до 4,0 рН. У другому випадку шкода від кислотності була значно меншою. Так само у дослідах, проведених у нашій лабораторії Голубевим (з рядом співробітників) з штучною установкою тих таки ступенів рН на різних ґрунтах—результати були вельми різними, саме на чорноземі і взагалі на ґрунтах з сильно розвиненим вбираючим комплексом і великою насиченістю рослинам штучне підкислення до $\text{pH}=4,2$ майже не шкодило

тоді як на підзолах при цій реакції одні рослини дуже терпіли, інші ж як гірчиця, зовсім гинули¹.

Звичайно прийнято вважати, що при $pH < 4,5$ ґрунт сильно потребує вапнування, при pH , що лежить між 4,5—5,5, потреба на вапнування менша, при $pH > 5,5$ вапнування стає непотрібним. Однак ці норми умовні, насамперед залежно від того, потреби якої культури ми хочемо мати на увазі, бо культурні рослини виявляють вельми різне ставлення до кислотності; так, наприклад, відвідуючи Менделєєвське дослідне поле 1926 р. нам довелося бачити таку картину: овес на ділянках з вапном і без вапна на око не виявляв різкого контрасту в рості, а підсіяний під овес клевер виявляв різкий контраст—без вапна його майже не було, а при вапні він дав пишний підтравок. Можна вважати, що в наших умовах якраз поганий ріст клеверу найчастіше треба було б брати до уваги при розв'язанні питання про вапнування.

Для якісного уявлення про ступінь потреби ґрунту на вапно можна ще користуватися, за пропозицією Мітчерліха, постановкою спрощених розвідчих дослідів, навіть не зважаючи врожайів, а оцінюючи результати на око рельєфність цих дослідів досягається, поперше, добором двох рослин різної чутливості до кислої реакції (гірчиця і овес), а подруге, утворенням трьох відтінків реакції з допомогою відповідного набору добрив, а саме на ділянку в 1 м вноситься (в грамах):

1	2	3
Кисле добриво	Слаболужне добриво	Добриво підвищеної лужності
30 $(NH_4)_2 SO_4$	40 $Ca(NO_3)_2$	40 $Ca(NO_3)_2$
60 суперфосфату	60 томасшлаку	60 томасшлаку
		200 вапна

Щоб вести запис і мати можливість порівнювати покази розвідчих дослідів у різних частинах поля, вдаються до п'ятибальної оцінки стану рослин на різних ділянках. У наслідок того, що гірчиця являє собою рослину дуже чутливу до кислотності, а овес малочутливий, комбінація їх може дозволити зробити той чи той висновок; якщо, наприклад, терпить тільки гірчиця і то тільки на першій ділянці, то можна обійтися без вапнування, тільки не застосовувати під гірчицю (клевер і т. ін.) на даному ґрунті кислих добрив; якщо ж терпить гірчиця і на першій і на другій ділянці, то для неї (і клеверу) потрібне вапнування, але для вівса (і картоплі) може можна обійтися тільки застосуванням лужного набору добрив, якщо порівняння показів першої і другої ділянок говорить на користь другої.

Метод Мітчерліха може бути видозмінено; так, наприклад, у нас на півночі цікавіше взяти ячмінь замість гірчиці, а до вівса підсіяти клевер, бо клевер навіть на першому році життя може виявляти більші відміни, тоді як на вівсі вони непомітні.

Якщо немає селітри і томасшлаку, то можна створити кілька відтінків реакції навіть при тому самому джерелі азоту (напри-

¹ Див. „Удобрение и урожай“, 1930 р. (стаття Д. Н. Прянішнікова)

клад, амоній-сульфаті) кількома відтинками в дозуванні вапна (наприклад, 0,100, 200 та 300 г CaCO_3).

Якщо на підставі якісних ознак (склад бур'янів, поганий ріст клеверу, покази рН або дослід за Мітчерліхом) вияснюється потреба ґрунту на вапнування, то далі постає питання про кількість потрібного вапна. Концентрація водневих іонів у ґрунтового розчині, що про нього ми маємо уявлення з визначення рН, сама собою не може вказувати кількості вапна, потрібного, щоб усунути кислотність ґрунту, бо найбільша кількість водню міститься не в розчині, а в твердій фазі у вбираючому комплексі ґрунту; тим то, якщо ми хочемо зробити ґрунт нейтральним, то, здавалось би дуже просто знайти розв'язання: треба визначити обмінну кислотність ґрунту, тобто ту кількість водню, що її можуть витиснути нейтральні солі.

В лабораторії це не важко зробити, промиваючи ґрунт розчином BaCl_2 або KCl і титруючи фільтрат або застосовуючи пряме титрування лугом до того чи того рН (криві титрування для кожного ґрунту), але в той час, як ми в лабораторії обробляємо невеликі наважки ґрунту рідиною, що змочує всі часточки, в полі ми змішуємо з ґрунтом дуже грубо, наскільки це можна зробити з допомогою плуга і борони, мелений вапняк (при тому не ідеальної тонкості помолу); природно, що та кількість основ, яка в лабораторному досліді зовсім усуває обмінну кислотність, в полі виявляється недостатньою і навіть додання на 30—50% виявляється звичайно недостатнім, особливо в перший рік; потім, завдяки утворенню в ґрунті $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і пересушенню останнього з водою кислотність ґрунту зменшується. Це є одна з причин, що через неї діяння вапна часто проявляється не в перший рік, а тільки на другий і наступних років; в одному з дослідів Каппена, після внесення вапна, з розрахунку обмінної кислотності (з 30% додання) виявилися такі зміни:

	До досліду	Перший рік	Другий рік	Третій рік
Обмінна кислотність	12,5	7,0	2,4	1,8
рН	4,42	4,76	5,63	5,40

Отже, внесення вапна за лабораторним визначенням обмінної кислотності є звичайно недостатнім і править лише за нижчу межу, до якої потрібен якийсь додаток на умови внесення вапна в полі, але, щоб міркувати про розміри додатку, треба знати верхню межу, якої не можна перейти (а іноді не можна й досягти); ця верхня межа встановлюється визначенням гідролітичної кислотності ґрунту, тобто обліком не тільки того водню, що заміщається при нейтральній реакції, а й того, що заміщається слаболужною реакцією, наприклад, до рН—8,3¹. Така реакція буває в ґрунтах,

¹ Реакцію, близьку до цієї, мають розчини натрій-ацетату і кальцій-ацетату, застосовувані для визначення гідролітичної кислотності.

що містять CaCO_3 , тоді як під впливом вуглекислоти розчин збагачується на $\text{Ca}(\text{H}_2\text{CO}_3)_2$, але така реакція в дійсності не створюється при внесенні CaCO_3 за теоретичним розрахунком на гідролітичну кислотність з тих таки причин, що раніше були відзначені (грубе роздрібнення і змішання в полі, рівняючи з лабораторним дослідом); частіш за все при внесенні вапна за гідролітичною кислотністю утворюється реакція в перший рік близько 6,0—6,5 рН, в найближчі потім 3—4 роки вона ледве чи може перевищити $\text{pH} = 7,0$, а потім починається поступінне пониження рН у наслідок вимивання кальцію дощовими водами в підгрунті.

Сказаним пояснюється, чому для цілого ряду ґрунтів потрібне визначення гідролітичної кислотності, щоб,

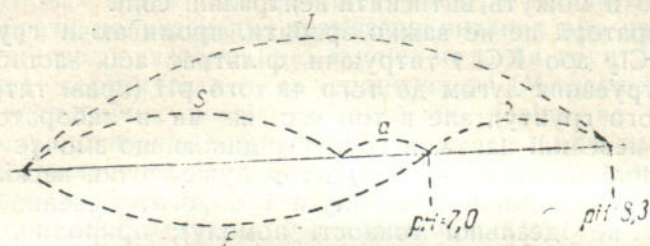


Рис. 39

виходячи з неї, підрахувати кількість вапна, потрібну для відповідного насичення ґрунту кальцієм без того, щоб занадто збагатити розчин на $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Якщо ту кількість основ, що їх ґрунт може зв'язати при насиченні не тільки обмінної, а й гідролітичної кислотності, взяти за 100 і виразити в процентах від цієї величини наявну кількість увібраних основ, то одержимо певну міру насиченості ґрунтів основами, з чого можна мати уявлення про потребу ґрунтів на вапнування, а саме ґрунти поділяються щодо цього на 3 групи:

Перша група — насиченість менша 50% (ґрунти дуже потребують вапнування).

Друга група — насиченість 50—70% (ґрунти мало потребують вапнування; залежно від величини рН у солевій витяжці можливий дальше поділ на підгрупи).

Третя група — насиченість вище 70% (ґрунти, як правило, не реагуючі на вапнування).

Звичайно суму наявних основ позначають через S, всю кількість основ, що ґрунт може увібрати при усуненні гідролітичної кислотності — через T ступінь насиченості через V, тоді маємо:

$$V = \frac{S}{T} \cdot 100.$$

Схематично ці співвідношення (як і поняття про ємність вбирання і ступінь ненасиченості за Гедройцем) можуть бути ілюстровані такою схемою (див. рис. 39)

Тут через a позначено величину обмінної кислотності, що нею користувався Гедройц як мірою ненасиченості ґрунтів основами, вона визначається за кількістю водню, витискуваного нейтральними солями в сумі цього водню, і ввібрані основи заповнюють всю ємність вбирання ґрунту в розумінні Гедройца, тобто $S + a = E$. Але при лужній реакції розчину (до 8,3, як це буває для реактива Каппена, розчину натрій-ацетату) ґрунт вбере певну додаткову кількість основи (або заміниться додаткова кількістю водню), означена на рисунку літерою v тоді ненасиченість проти цієї норми виразиться вже величиною $a + v$; відповідно до цього кількість вапна, потрібна для насичення ґрунту за Каппеном, буде більшою, ніж для усунення тільки обмінної кислотності в стільки раз, в скільки $a + v$ більше від a . Але тому, що звичайно для визначення додаткового вбирання беруть не той зразок ґрунту, що в ньому визначалося обмінної кислотності за Гедройцем, а свіжий зразок, то природно, що в ньому натрій-ацетату заміщає водень, що відповідає як відрізу a , так і відрізу v .

Тим то вийшло, що гідролітичну кислотність за Каппеном ($a + v$) не можна ні підсумовувати, ні протиставляти обмінній кислотності (a), бо вона вже включає цю величину. Цей дефект ходячої термінології, що утрудняє початківців, може бути усунено, якби величину $a + v$ називати загальною ненасиченістю ґрунту, а назву гідролітичної кислотності залишити за величиною v , ясно протиставляючи її величині a , що виражає обмінну кислотність.

Ці міркування треба мати на увазі, щоб краще розуміти різницю між ненасиченістю ґрунту за Гедройцем і за Каппеном: можна сказати, що в цих співвідношеннях ми маємо справу з тим самим чисельником (S), але з різними знаменниками (E та T)¹.

Якщо в більшості випадків можна вдаватися до визначення гідролітичної кислотності, як до мірки для кількості потрібного вапна, то все ж доводиться робити винятки з цього правила для деяких ґрунтів і деяких рослин. Так, мохові торф'яники, що мають велику гідролітичну кислотність, яка може бути в 2—3 рази більшою обмінної кислотності, треба вапнувати більш помірними дозами, рівними, наприклад, половині гідролітичної кислотності (або як вихідну точку брати обмінну кислотність з тим чи тим коефіцієнтом). Ваговий вираз для норм вапна на одиницю площі (тонн на гектар) при торф'яниках є взагалі пониженим ще з іншої причини, саме вага орного шару торф'яних

¹ Вважаючи на те значення, що надається відношенню $\frac{S}{T}$, в практиці визначення потреби ґрунтів на вапно, замість тривалого визначування увібраних основ способом витиснення їх розчинами нейтральної солі (для чого потрібне повторне промивання і аналіз суми фільтратів), Каппен запропонував спрощений спосіб, оснований на такому: якщо обробити ґрунт розчином слабкої соляної кислоти такої концентрації, що не руйнує вбираючого комплексу, а відбирає тільки увібрані основи, то ці останні нейтралізують частину соляної кислоти і їх суму (при відсутності в ґрунті CaCO_3) визначається простим титруванням цієї соляно-кислої витяжки.

грунтів далеко менша, ніж у мінеральних ґрунтах (саме замість 3000 тонн, залежно від заболоченості, спостерігається зменшення ваги 20 сантиметрового шару до 1500, 1000 і 500 тонн; для мохових торф'яників бувають ще менші цифри); тому той таки процент вапна від ваги ґрунту відповідає для торф'яних ґрунтів далеко меншій кількості при перерахунку в абсолютні цифри на гектар.

Крім особливостей ґрунтів, доводиться зважати і на особливості рослин, так певної обережності доводиться додержувати при внесенні вапна, якщо в сівозміні є льон, картопля і люпин.

Давній досвід Бельгії говорить, що якщо там райони застосування давали кращий льон, то при умові, що вапно ніколи не вноситься прямо під льон, а за кілька років до його посіву, під інші культури тої таки сівозміні. Правда, сучасні методи пом'якшують гостроту правила про абсолютну неприпустимість вапнування під льон, бо вони дозволяють регулювати кількість вапна відповідно до особливостей ґрунту і рослини, але все таки залишається вірним, що під льон куди легше „превапнувати“ ґрунт, не тільки рівняючи з клевером, а й рівняючи з хлібами. Тому, якщо й треба буває вносити вапно під льон (при різкій кислотності ґрунту і необхідності спішного застосування негайних заходів), то вносять не за нормою гідролітичної кислотності, а, наприклад, 50% від цієї норми. Частіше ж роблять так, як давно робили в Бельгії, тобто вапнування проводять за кілька років до посіву льону.

Так само й щодо картоплі треба уникати небезпеки принести разом із зайвою кількістю вапна шкоду, коли не врожаєві, то якості картоплі, а саме відзначають, що лужна реакція ґрунтів іноді підвищує процент гнильб, пошкоджуваних так званими першими (захворування шкіри, спричинюване грибком). І в цьому випадку можна вносити вапно під іншу рослину: так, наприклад, при типовому чергуванні: пар, жито, картопля, овес, зручно застосовувати вапно після картоплі, щоб воно дало найбільший ефект на нагромадження азоту клевером, тоді напевне не буде зайвини кальцію в ґрунтовому розчині на момент повернення картоплі на вапноване поле.

Вплив попереднього вапнування може пом'якшувати внесенням під картоплю амоній-сульфату, а в Америці навіть передбачалося вносити сірку, щоб понизити рН в ґрунті, що йде під картоплю, якщо під люцерну, попередника картоплі, відповідно до вимог першої дано було значну кількість вапна. Але здавалося б, в таких випадках можна мати дві сівозміні: одну для рослини кислого інтервалу рН, другу для слаболужного, з відповідним добором добрив для кожної сівозміні — це потребуватиме менших затрат, ніж періодичне створення на тому самому полі то кислого, то лужного режиму.

Щодо матеріалу, з яким у ґрунт вноситься вапно, то найчастіше його добувають у природних покладах (вапняки, крейда, мергель), рідше можуть бути використані покидьки

деяких виробництв (як дефекаційний осад цукрових заводів, зола кам'яного вугілля і торфу, деякі види шлаків), а також покидьки шкіряного, паперового та інших виробництв, якщо вони не містять шкідливих домішок. В той час, як палене вапно і багато видів мергеля не потребують попереднього роздрібнення, вапняк і крейда повинні бути завжди розмелені до перетворення на муку; норми для цього розмелення різні, так, у Німеччині часточки понад 1 мм діаметром не оплачується, як недіяльні, і при застосовуванні вапна грубого розмолу треба збільшувати його кількість відповідно до вмісту грубих часточок. У нас розмельним пунктам ставиться в обов'язок давати вапняну муку, що на 94—95% проходить крізь сито з отворами в 1,65 мм. Для мергеля та вапняних туфів вимоги інші. Тут відіграє роль ще питання транспорту, бо, якщо на місці розмолу і не було б так важко зробити набавку на наявність баласту у вигляді більших часточок, то неможливо возити цей баласт на значні віддалі.

Наскільки великі часточки залишаються в ґрунті недіяльними, показує такий облік нерозкладеного CaCO_3 через 6 років після внесення вапна в ґрунт:

Діаметр часточок, у вигляді яких вносилося вапно.	Нерозкладений CaCO_3 (у процентах від внесеного)
1,25 — 2,30 мм	62
0,50 — 1,25 „	24
0,125—0,50 „	17
<0,125 „	5

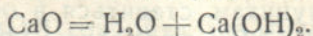
Крім ступеня розмелення, до уваги береться і хемічний склад розмелюваного вапняку, саме важливо, щоб у ньому було найбільше CaCO_3 , бо вміст, наприклад, піскових і глинистих частин (взагалі нерозчинного в соляній кислоті залишку) буде зайвим баластом. Вміст MgCO_3 в невеликих кількостях не шкодить, бо діяння магнію і кальцію на ґрунт аналогічне і мабуть до 30% MgCO_3 може бути оплачувано нарівні з CaCO_3 ; після певної межі (поки не встановленої, але, очевидно, вона лежить вище 50%) може постати питання про можливу шкоду зайвини магнію з причин, про які мовилося попереду (див. також стор. 342).

Кількість кальцій-карбонату звичайно коливається для легких ґрунтів від 2 до 3 т/га, для середніх від 3 до 5 і для важчих, глинистих ґрунтів може доходити до 6—7 тонн, залежно від ступеня кислотності цих ґрунтів та складу головних культур, про особливості яких мовилося попереду.

Щодо паленого вапна, CaO , то в нас його мало застосовується, в історії ж вапнування на Заході воно відіграло велику роль, в Німеччині і тепер застосовується обидві форми (CaO та CaCO_3) в однаковій мірі.

До вживання паленого вапна вдаються не стільки на підставі будь-яких міркувань відносно хемізму діяння на ґрунт, скільки виходячи з того простого факту, що операція

обпалювання позбавляє від нелегкого завдання роздрібнення вапняку. Якщо поблизу немає розмельних установок і якщо паливо дешеве, то обпалювання може бути найбільш доступним способом використання місцевих вапняків (у нас такі умови можуть бути, наприклад, у Сибіру). Як відомо, після обпалення, зв'язаного з усуненням вуглекислоти ($\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$), стає можливим гасити вапно, тобто енергійна реакція з водою зв'язана з розігріванням (що в даному разі не має значення) і з розпадом грудок паленого вапна на тонкий порошок гашеного вапна („пушонка“):



Поряд цього головного завдання досягають побічних позитивних результатів, а саме дістають матеріал, хемічно більш діяльний (CaO замість CaCO_3), який важить мало не вдвоє менше, що має значення при транспорті (з 100 частин CaCO_3 після обпалення виходить 56 частин CaO , 44% виходять у вигляді CO_2).

Залежно від чистоти взятого вапняку одержують палене вапно, що або енергійно реагує з водою, легко розпадається, з сильним збільшенням обсягу, що мовою практиків зветься „жирним вапном“, або ж вапно забруднене домішками (SiO_2 , MgO та ін.), що реагує не так енергійно і набуває назви „тощого вапна“ (це позначається на кількості вношуваного вапна). Гасити вапно можна різними способами. Якщо вапно залишити під навісом у садибі, то з повітря воно вбирає вологу і розпадається місяців за 2-3 в порошок; але при цьому частина його (близько 15%) знову зв'язується з вуглекислотою повітря і перетворюється знову на кальцій-карбонат; крім того, перевозка і розкидання цього ідекого, пилюватого порошка гашеного вапна утрудняється (останнє не стосується машинного висіву).

Тим то воліють вивозити в поле негашене вапно в грудках, складають його невеликими купками і вкривають сирію землею; поступінно вапно гаситься за рахунок вологи ґрунту. Після того його перемішують з землею, розкидають спочатку лопатою, а потім перемішують його з ґрунтом з допомогою борін і плугів; цей спосіб незручний в суху погоду, бо гашення може тягтися тижнями (якщо для пришвидшення гасіння в купи приливають воду, то ця операція потребує обережності, в розумінні належного розрахунку води, бо при зайвині води утворюється, замість добре розмеленого порошку, мазка маса, яку дуже важко розподіляти).

Іноді рекомендують ще гасити вапно, занурюючи грудки його в кошиках на деякий час у воду, і потім перевозити його на поля в тих таки кошиках (або в полі занурювати у воду в кошиках перед укладанням у купи). Якщо вапно вводять у компостні купи, то там воно перетворюється на кальцій-карбонат; додання такої невеликої кількості може бути сприятливим для компосту, але при великих кількостях біологічні процеси будуть надовго паралізовані.

Кількість вапна, вношуваного у вигляді CaO , повинна бути зменшена проти CaCO_3 , принаймні у відношенні 56:100, вважаючи на втрати 44% CO_2 при обпалюванні.

Другий випадок, коли до роздрібнення матеріалу, що містить кальцій-карбонат, не доводиться вдаватися—це мергель у ґрунті. Мергель (рухляк, тріскун) являє собою таку породу, де вапно міститься в тонкій суміші з глиною; при лежанні на повітрі під впливом зміни вологості і температури мергель (якщо він не надто щільної структури) може поступово розсипатися на дрібні частини, які легко можна заорювати і змішувати з ґрунтом. Мергелі складом можуть бути дуже різноманітні, крім CaCO_3 і глини, може міститися пісок, магній-карбонат; не байдужим іноді є вміст і другорядних кількісно складових частин (наприклад, буває вміст P_2O_5 в 0,5%).

Звичайно мергель вивозиться на парове поле ще з осені з тим, щоб було досить часу для впливу на нього атмосферних факторів, під впливом чого він протягом зими так розсипається, що його можна розкидати і заорати. Кількості вношуваного мергелю залежать від його складу, в усякому разі вони значно більші, ніж для меленого вапняку, бо тут ми маємо справу з не таким високопроцентним матеріалом; бувають норми від 10 до 30 т мергелю на десятину.

Мергель, якщо він міститься поблизу від поля, яке потребує вапнування, є для цього найдешевший матеріал, і Данія, що відзначається дуже високим процентом вапнованих ґрунтів, досягла цього завдяки широкому використуванню місцевих покладів мергелю.

Крім рільництва, мергелювання набуло в Данії застосування в лісівництві (саме відновлення букових лісів потребує попереднього усунення ґрунтової кислотності, утвореної у вологому кліматі листям старих букових лісів, що розкладається).

Покидьки промисловості, багаті на вапно

Дефекаційний осад з цукрово-бурякових заводів містить значну кількість вапна поряд інших речовин, важливих для рослин. Складом він буває досить різний на різних заводах.

В середньому дефекаційний осад містить:

CaCN_2 близько	40%
H_2O	40%
N	0,3—0,5%
P_2O_5	0,5—1%

Але від цих норм часто бувають відхили, саме може бути більше CaCO_3 і менше P_2O_5 та N ¹.

Як бачимо з цифр, вмістом азоту дефекаційний осад не гірший ґною, а щодо фосфорної кислоти він багатший, ніж гній; але засвоюваність цих речовин у дефекаційному осаді очевидно

¹ Див. аналізи в „Трудах Ивановской оп. станции“ вип. 1 та 2.

нижча, ніж їх засвоюваність у гної, в усякому разі як добриво дефекаційний осад діє гірше, ніж відповідна кількість гною (С. Л. Франкфурт) або можливо шкодить зайвина вапна, не зважаючи на добру засвоюваність азоту, фосфору та ін. Вживають 5—10 т і більше дефекаційного осаду при внесенні в паровому полі: в деяких господарствах вносять навіть 30—50 т на га, але такі кількості часто негативно впливають.

Газове вапно, покидь газowego виробництва, не може бути застосовуване для удобрення відразу. Воно містить отруйні для рослин речовини, і треба дати йому полежати деякий час на повітрі, раніш ніж вжити як добриво (іноді досить завчасного заорання з осені). Звичайно в газовому вапні міститься $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCO_3 та CaSO_4 , що утворюють близько $\frac{3}{4}$ від усїєї його ваги.

Крім того вапно міститься в покидьках паперового та шкіряного виробництва, які можуть мати місцеве значення, і тепер проводяться досліди з використанням для вапнування доменних шлаків, що може мати значення для Уралу.

У близькому майбутньому передбачається дістати великі кількості вапна у вигляді $\text{Ca}(\text{OH})_2$, як покидь, що утворюватиметься на заводах синтетичного каучуку, при розкладі водою кальцій-карбіду (для одержання ацетилену, що від нього через хлоропрен переходять до каучуку).

Про те, що зола є матеріалом, збагачуючим ґрунт на вапно, мовилося вже попереду; вимита зола (що залишається після екстрагування поташу) являє собою гарну форму внесення вапна водночас з значними кількостями засвоюваної фосфорної кислоти.

Про шкідливе діяннн зайвинного вапнування

Коли не знали суті вапнування, і взагалі закони живлення рослин не були ще відомі, то часто не розуміли, що вапнування не є аналогом гнойового удобрення і що швидким повторенням його або навіть однократним внесенням великої зайвини вапна можна заподіяти шкоду, при тому не на один рік. Тоді й склалося на Заході нещасне прислів'я про те, що „вапно збагачує батьків, але зубожує дітей“, виникнення якого до останнього часу пояснювали тим, що ніби врожаї, підвищені в наслідок діяннн вапна, виснажили ґрунт, і через це врожаї зменшилися. А насправді тут причина зовсім не у виснаженні, бо зайвиною вапна можна надовго зіпсувати ґрунт, навіть не знявши з нього жодного врожаю,

При наших вегетаційних дослідах виявилось (починаючи з 1897 року), що, ставлячи досліди на чутливість ґрунтів до вапнування, не можна обмежуватися для всіх ґрунтів якою-небудь одною дозою вапна (наприклад, 0,2% від ваги ґрунту, що відповідає для мінеральних ґрунтів 5 т/га, якщо змішування проводиться з шаром ґрунту в 20 см), бо для одних ґрунтів така кількість може бути оптимальною дозою, для других — недостатньою для досягнення найбільшого ефекту (не кажучи

покищо про економічну сторону), а для третіх може бути вже зайвиною. Тому при подальших дослідях ми брали для кожного ґрунту певну градацію доз (наприклад, 0,25%, 0,5% і 1% вапна від ваги ґрунту); тоді виявилось, що незрідка саме тим ґрунтам, де найбільше невістачає вапна і де помірні дози його (0,1 — 0,25) добре впливають, легко може пошкодити підвищення дози (до 0,5 — 1%); такі, наприклад, заболочені і опідзолені ґрунти півночі, що для них відповідні дані були одержані потім П. С. Коссовічем; такими ж таки, є за даними західноєвропейськими, мохові торф'яники. Навпаки, чорноземи, що містять більше вапна і не так сильно реагують на перші дози його, можуть витримувати великі дози без шкоди для рослини.

Ось приклад з наших дослідів 1901 — 1904 рр.

	Без СаО	0,25%	0,5%	1% СаО
		(в г р а м а х)		
Пшениця на чорноземі	8,0	9,0	13,8	19,6
Овес на заболоченому суглинку	9,1	16,6	20,2	8,1
Те саме, другий дослід	27,8	35,2	15,9	5,6
Ячмінь на заболоченому суглинку	11,9	21,8	12,8	10,0

Шкода від зайвини позначається не стільки при внесенні СаО, а й при внесенні СаСО₃; промивання ґрунту в дослідях Коссовіча і Альтгаузена не усувало шкоди від зайвини вапна.

Вважаючи на те, що в дослідях Коссовіча спостерігалось, що суміш СаСО₃ і MgCO₃ рослини витримували в більших кількостях, ніж СаСО₃ та MgCO₃ окремо, то постало питання, чи не маємо ми тут випадку виявлення так званого антагонізму основ. Річ у тім, що перевага одної основи в поживній суміші може шкодити навіть при таких абсолютних кількостях цієї основи, що добре витримується рослиною при певній рівновазі між основами; наприклад, та кількість магнію (байдуже, у вигляді якої солі), що потрібна рослині для повного розвитку у водних культурах, виявляється шкідливою, якщо усунути солі інших основ. Це видно з того, що рослина в такому розчині солі магнію розвиватиметься гірше, ніж у дистильованій воді. Уже введення самого кальцію знешкоджує магній (О. Loew); дальші дослідження (J. Löb, Osterhout та ін.) показали, що ці явища можна спостерігати майже на кожній парі катіонів з тою різницею, що різні основи мають різний ступінь шкідливого (токсичного) і захисного діяння; так, магній виявляє сильніше токсичне діяння, ніж кальцій, а захисне діяння, навпаки, в кальцію сильніше, ніж у магнію. Однак, усі ці різниці виявляються в кількісних співвідношеннях, в принципі ж кожний катіон може виявляти в більшій мірі і токсичне і захисне діяння.

Немов підтвердженням цього пояснення, що при зайвині вапна шкідливою є зайва перевага іону кальцію над усіма іншими, є той факт, що іноді внесення значних кількостей калійних солей може пом'якшувати шкоду, спричинену зайвиною вапнування

(спробу узагальнити ці явища було зроблено Еренбергом в його статі „Kalk-Kali Gesetz“).

Однак поступинно вияснилося, що ми маємо справу з складнішим комплексом явищ; якщо антагонізм основі треба брати до уваги, то крім того на ґрунтах з малою буферністю вапно вже при невеликій зайвині спричиняється до лужної реакції, а ця реакція в тих межах, коли рослина витримує її ще без особливої шкоди, так впливає на хід біологічних процесів у ґрунті, що ці останні дають продукти, шкідливі для вищих рослин. Так спочатку на торф'яних ґрунтах спостерігалось явище денітрифікації і нагромадження нітритів (при внесенні селітри), але потім досліди, проведені в лабораторії автора (Бобко, Голубевим і Тюліним), показали на мінеральних ґрунтах (наприклад, легких піскових), що підвищення реакції до $pH=8,0$ спричинює бурхливий перебіг біологічних процесів, в результаті чого ґрунтовий розчин збагачується на аміак (іноді на нітріти) та розчинні сполуки кальцію (бікарбонат, нітрат, нітріт); на ґрунтах же важчих, з великою вбирною здатністю, де аміак у розчині не нагромаджувався, той самий ступінь лужності ($pH=8,0$) рослини витримували без будьякої шкоди. Але не можна заперечувати і випадків, коли шкодить нагромадження в розчині іону кальцію; так, у дослідах Голубева з люпином були випадки, коли шкода від зайвини кальцію швидше наставала при внесенні $CaCO_3$, ніж при внесенні CaO , що, очевидно, залежить від виділення CO_2 в першому випадку (під впливом кислотності ґрунту) та збагачення розчину на $Ca(HCO_3)_2$, тоді як у другому випадку, CaO давав мало розчинні сполуки з ґрунтовими ацидоїдами.

Так само і позитивне діяння CaO та $CaCO_3$, що в більшості випадків близьке, на деяких ґрунтах є неоднаковим (Північний Урал). Взагалі діяння вапна складне і різноманітне, його не можна застосовувати скрізь за тим самим загальним шаблоном, як, наприклад, селітру і суперфосфат.

Введення вапнування мусить бути пов'язане з розвитком сітки агрохімічних дослідних станцій та організацією агрохімічної служби, бо і ґрунтовий покрив відзначається найбільшою строкатістю якраз в області підзолистої смуги, де саме й потрібно найчастіше боротися з кислотністю ґрунту, і самі методи визначення потреби ґрунту на вапно, потребують погодження з особливостями ґрунтів даного району; так, наприклад, коефіцієнт, що його приймають при визначенні гідролітичної кислотності, не є цілком сталим, є місцеві відхилення, і саме використання показів гідролітичної кислотності для визначення кількості потрібного вапна також не може бути однаковим для всіх видів ґрунтів. Не тільки особливості ґрунтів, а й важка транспортабельність вапна, застосовуваного в більших дозах, ніж прямі добрива, накладає місцевий відбиток на добір матеріалів для вапнування. З усіх цих причин успішне проведення вапнування сильно залежить від розвитку агрохімічної роботи на місцях, а дорожнеча цього заходу змушує застосовувати його тільки тоді, коли ми маємо на увазі усунути кислотність ґрунту, що заважає дістати

нормальні врожаї (особливо клеверу, ячменю, а також пшениці в зв'язку з питанням про просування культури її на північ). Коли ж ідеться не про кислотність ґрунту, а про мобілізацію азоту та фосфору ґрунту, щоб підвищити врожаї, то такого підвищення можна досягти і дешевшими способами, як, наприклад, культура люпину, що не тільки збагачує ґрунт на азот, а й на засвоюваний фосфор за рахунок фосфору підґрунтя (і важкорозчинних сполук самого ґрунту).

3. ГІПС

Як побічне добриво значну роль відіграє гіпс — кальцій-сульфат, що містить кристалізаційну воду (але в природі буває й ангідрид, що не містить води). Іноді вживають суперфосфат-гіпс (він же фосфорогіпс), що його одержують при виготовленні подвійних суперфосфатів. Це є залишок після обробки фосфориту сірчаною кислотою та промивки його (для усунення фосфорної кислоти, вживаної для розкладу нових порцій фосфориту). Застосування його вважається сприятливим через вміст деякої кількості фосфорної кислоти у вигляді нерозкладеного залишку фосфориту (або не повнотою відмитих продуктів його розкладу), але при застосуванні цього добрива треба зважати на склад його, бо, крім гіпсу, воно містить глину і пісок, що входили до складу фосфориту. Приблизний склад такий (у процентах):

CaSO ₄ 2H ₂ O	64
P ₂ O ₅	2—3—5
Глини і піску	30

Гіпс застосовується майже виключно як поверхнєве добриво його розкидають по рослинах, які до певної міри вже розвинулися. Вживається переважно для метеликових рослин, культивованих на корм, — клеверу та люцерни. При розкиданні він почасти залишається на листках, але першими ж дощами змивається в ґрунт. Гіпс не шкодить листкам навіть вкритим россою, бо його розчинність невелика (1 : 400), і він не може дати шкідливих для рослин концентрованих розчинів (відмінно, наприклад, від калійних солей), реакція його близька до нейтральної відмінно від суперфосфату золи?

Щодо його діяння на рослини, то у виняткових випадках воно доходить величезних розмірів. Так, у Буссенго неудобрена ділянка дала 1000 кг клеверного сіна, а удобрена гіпсом — 5.900 кг. Звичайно ж діяння не таке надто велике, але напевне сприятливе. У А. Н. Енгельгардта без добрива було одержано 28,6 ц клеверу, а після удобрення гіпсом — 50,5 ц. В середньому можна вважати 4 ц клеверного сіна в прирості врожаю на 1 ц гіпсу (оскільки такі середні звичайно взагалі можливі), іноді виходить і 10 ц сіна на кожний центнер гіпсу¹. Розсипають його або на весні, або після першого укусу, або ж з осені. Останнє застосовується в посушливому кліматі, коли є небез-

¹ Звісно, при звичайних дозах гіпсу — близько ? ц на гектар.

пека, що гіпс, розсипаний по поверхні на весні, довго пролежить, не діючи. Застосовується гіпс переважно під рослини, культивовані для корму, бо він сприяє посиленому росту листових і стеблових органів, а не плодів (проте цей вплив гіпсу почасти залежить від вологості та родючості ґрунту).

Введення гіпсу в практику удобрення зв'язане з іменами тих таки осіб, що сприяли введенню культури клеверу, наприклад, Шубарт в Австрії; Як тільки при повторенні культури клеверу його укоси починають зменшуватися, вдаються до гіпсування.

Пояснення діяннн гіпсу мали багато різних варіантів. Так, Лібих висловлював думку, що гіпс діє розчинно на інші речовини ґрунту і допомагає вбиранню вуглеаміачної солі з повітря. Якщо перша частина його пояснення знайшла потвердження, то щодо другої вже а рїогї важко припустити, що така мізерна вагою частка гіпсу, вношувана як добриво кількістю 3 ц на гектар могла вплинути на вбирання аміачних солей ґрунтовим шаром, вага якого доходить 3000 тонн на гектар і що сам собою вже є енергійним вбирачем аміаку; та й той факт, що гіпс діє саме на бобові, вказує на те, що тут справа не у вбиранні $(NH_4)_2CO_3$. Відмінно від Лібіха, Буссенго гадав, що гіпс діє прямо, як розчинна форма вапна. Рїтгаузен також приписував гіпсові пряме діяннн, але при цьому він вбачав у ньому насамперед джерело сірки, що можна пов'язати з тим, що бобові, багаті на білки, містять багато сірки. Пізніше проф. Богданов (Київ) відзначив, що потреба рослин на сірку більша, ніж ми звикли думати, і може багато-які ґрунти вже потребують відповідного удобрення (тобто внесення сульфатів, зокрема гіпсу).

Рїч у тім, що в відомих таблицях Вольфа, які перейшли до всіх довідників, наводиться кількості сірки в золі рослин і за цими цифрами потреба рослин на сірку здається невеликою. Але при озоленні зовсім не вся сірка білків (що міститься в них в угрупованнях — CH_2-SH) оксидується і вступає в сполуку з основами, а значна частина її виїтає; тому, якщо визначати сірку не в золі, а в рослині (оксидуючи органічну масу азотною кислотою або стоплюючи з лугами і селїтрою), то матимемо значно більші величини, наприклад:

	За Вольфом	За Богдановим-Залеським ¹
Зерна пшениці	0,01%	0,37%
„ проса	0,01%	0,40%
„ гороху	0,08%	0,44%

} рахуючи на SO_3

Особливо багаті на сірку хрестоцвітї, наприклад, корені турнепса містять 1,85%, а листки капусти — 2,05% SO_3 (рахуючи на суху речовину). У зв'язку з цим винесення сірки з урожаями в цих рослин більше проти винесення фосфорної кислоти:

	SO_3	P_2O_5
	(у кілограмах)	
Капуста (360 ц)	73,7	41,2
Турнепс (300 ц)	44,4	24,4

¹ Див. книгу С. М. Богданова „Плодородие почвы“, Київ, 1906.

А проте звичайно маємо:

	SO ₃	P ₂ O ₅
	(у кілограмах)	
Пшениця (15 ц)	13,1	19,7
Клевер (45 ц)	18,5	23,3
Люцерна (60 ц)	30,0	37,6
Картопля (150 ц)	12,9	24,0
Цукровий буряк (180 ц)	29,5	33,8

Звідси бачимо, що крім хрестоцвітних, бобові теж виносять більше сірки, ніж злаки, а потім багато виносить її також цукровий буряк. Хоча виснаження ґрунту щодо сірки і пом'якшується наявністю для неї кругобігу (з опадами приноситься 7—8 кг SO₃ на гектар), проте відомі випадки, коли для суперфосфату констатовано позитивне діяння не тільки фосфату, а й сірки, що міститься в простому (а не подвійному) суперфосфаті у вигляді CaSO₄.

Частіш за все на гіпс дивляться, як на побічне добриво, що сприяє збагаченню ґрунтового розчину на калій. Ще колишні досліди Дегерена показали, що при промиванні зразка російського чорнозему водою у водний розчин переходило з 1 кг ґрунту 0,048 K₂O у вигляді K₂SO₄, а при промиванні того таки ґрунту водою з гіпсом—0,428, тобто в 9 разів більше. Тепер ці явища цілком зрозумілі, бо вони впливають з властивостей вбираючого комплексу. Відзначають, що незрідка гіпсом удобрюють ґрунти багаті, а не бідні на поживні речовини; це також може вказувати на те, що гіпс відіграє переважну роль побічного добрива.

Однак треба думати, що всі відзначувані моменти діяння гіпсу можуть здійснюватися, хоча й в різній мірі, тобто значення має: 1) внесення розчинної солі Ca (клевер і люцерна беруть багато кальцію в урожаях); 2) внесення сірки важливе для тих таки рослин, бо бобові багаті на білки, а сірка входить у склад саме білків; 3) побічне діяння в розумінні переведення калію в більш розчинні сполуки має особливе значення знов таки для тих самих рослин (названі кормові трави виносять багато калію в золі). Поскілки всіх трьох названих елементів (K, Ca, S) бобові потребують більше, ніж злаки, то діяння гіпсу ясніше позначається на бобових, ніж на злаках.

Не треба забувати, що з іншими добривами незрідка також вноситься гіпс або його компоненти. Так, крім суперфосфату, що містить CaSO₄, сірчана кислота міститься також в амоній-сульфаті та каїніті, вапно—в томасшлаку, фосфориті, в кістках, тому в питанні про застосування гіпсу треба зважати на внесення інших добрив.

Можливо, що при гіпсуванні клеверу, крім кращого живлення трьома елементами (Ca, S та K), відіграє роль ще одна обставина, це те, що Ca є антагоністом водневого іону, і хоча гіпс не може понизити кислотність ґрунтового розчину, але він може підвищити здатність клеверу краще витримувати ту саму

концентрацію водневих іонів; що при бідності ґрунтового розчину на кальцій може погано впливати на розвиток клеверу¹.

На лужних ґрунтах гіпс править за сасіб зменшення лужності завдяки реакції: $\text{CaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$. Однак, як показали дослідження Гедройца, при „лихому солонці“ недосить знешкодити наявну соду, бо вона може знову утворитися, поки у вбираючому комплексі є натрій, а в навколишньому середовищі CaCO_3 . Тим то треба вносити далеко більшу кількість гіпсу, щоб змінити в складі увібраних катіонів співвідношення $\text{Na}:\text{Ca}$ на користь останнього.

4. ВНЕСЕННЯ СІРКИ ЯК ДОБРИВА

Позитивний вплив сірки, внесеної в ґрунт, спостерігалось в ряді дослідів на Заході (спочатку попутно при лікуванні захворювань сірковим цвітом); у нас також є досліди, як Богданова (Київ, 1898) з гірчицею, Солякова з цукровим буряком („Труды Киевской сети опытных полей“), Калужського (Саратов) з просом і картоплею, Васильєва (Новозибків) з люпином та ін.

При зайвинному внесенні може бути й шкода від застосування сірки.

Діяння сірки на врожай пояснюється тим фактом, що після внесення в ґрунт вона не залишається незмінною, а оксидується під впливом мікроорганізмів з утворенням солей сірчаної кислоти, отже, можна говорити про процес сульфатифікації, подібно до того, як кажуть про нітрифікацію.

Звідси два висновки: 1) ґрунт зазнає немов би діяння розведеної сірчаної кислоти, 2) ґрунтовий розчин збагачується на сульфат.

Введення деякої кількості кислоти в ґрунти може бути корисним у двох випадках: 1) якщо ґрунт має лужну реакцію і бажано понизити рН ґрунтового розчину, 2) якщо ґрунт містить багато фосфору у важко розчинних сполуках, то діяння кислоти спрямовується на фосфати і їх засвоюваність підвищується. Діяння сірки як побічного добрива складається насамперед з двох моментів, але, крім того, на врожай можуть впливати зміни в перебігу біологічних процесів (нітрифікація, амонізація та ін.), і нарешті, збагачення ґрунтового розчину на сульфати може мати пряме значення для живлення рослин, що частіше виявляється на бідних ґрунтах, особливо при культурі рослин з підвищеним вмістом сірки (бобові і хрестоцвіті).

¹ Бажано було б перевірити можливість знешкоджуючого впливу іонів Са на водневі іони на різних ґрунтах, бо, залежно від співвідношення окремих видів кислотності, вплив застосованого CaSO_4 може кінєць-кінєцем бути неоднаковим, саме, якщо реакція не змінюється помітно, то вплив збагачення розчину на іони кальцію на рослину може бути тільки сприятливим, але на ґрунтах з великою обмінною кислотністю можна уявити подвійне діяння гіпсування, саме: первинне збагачення розчину на іони Са і вторинне збагачення його на іони водню за рахунок часткового витиснення водню кальцієм з вбираючого комплексу. Важко сказати без досвіду, яка буде рівнодіюча цих двох величин у кожному окремому випадку.

Вплив внесення сірки на реакцію ґрунту проявляється поступінно під впливом розвитку процесу сульфодіоксидації; ось приклад з дослідів Ваксмана:

	рН ґрунту				
	Перед дослідом	Через 20	86	105 день від внесення сірки	
Кількість сірки (процент від ваги ґрунту)	0,1	9,6	9,1	8,1	7,9
	0,2	9,6	9,0	8,0	7,2
	0,5	9,6	8,9	7,2	6,0

У наслідок того, що сіркобактерії можуть утворювати дуже кисле середовище без шкоди для своєї діяльності, то при зайвині сірки можуть бути і шкідливі впливи; цим, очевидно, пояснюється менш сприятливий вплив внесення сірки в рядки¹, рівняючи з розкидним внесенням її („Труды Киевской сети. оп. полей“).

	З сіркою			
	Без сірки	60 кг врозкид	120 кг врозкид	30 кг в рядки
Урожай буряка (корені в ц/га)	260	277,9	284,2	268,0

У цьому досліді (як і взагалі на чорноземних ґрунтах) діяння сірки зводиться до підвищення використання фосфатів ґрунту; так, наприклад, в одному досліді просо взяло з ґрунту при відсутності сірки 3,5% від фосфору ґрунту, а при внесенні сірки — 6,7% (Калужський). Крім фосфору, сірка в міру окисації сприяє переходу в розчин калію, кальцію, магнію та заліза. Але сірка може, особливо при застосуванні значних кількостей, гамувати нітрифікацію в ґрунті, що спричиняється до нагромадження аміаку, а за певною межею підвищення дози сірки може взагалі затримати мінералізацію азотистих органічних речовин ґрунту².

При одночасному внесенні в ґрунт сірки з фосфоритом створюються умови розкладу фосфориту сірчаною кислотою, що утворюється при окисації сірки, при чому природно, що спостерігається певний оптимум, за яким рослини можуть терпіти від зайвинної кислотності і врожай зменшується, не зважаючи на гарце постачання рослинам фосфорної кислоти.

В Америці Ліпман провадив досліді компостування фосфориту з землею і сіркою — це приводить немов би до виробни-

¹ Крім того можливий шкідливий вплив проміжних ступенів неповної окисації (нітри) і полісульфідів, що при великих дозах сірки можуть нагромаджуватися більшою кількістю, ніж при малих.

² Див. брошуру Калужського „Елементарная сера в качестве удобрения“ (Н. Д. 1929).

цтва суперфосфату (хоча і розбавленого землею) з допомогою бактерій. Такий процес можливо матиме інтерес для тих районів, де бувають родовища сірки, недосить високопроцентні для використання на промислові потреби; такі „сірчані землі“ при наявності в даному районі фосфориту могли б бути використані для закладання компосту за способом Ліпмана, щоб виготовляти фосфатне добриво для місцевого вжитку.

Застосування сірки (або таких „сірчаних земель“, якщо вони є близько) для поліпшення солонців основане на пониженні лужності, як це було попереду показано на прикладі, взятому з дослідів Ваксмана; у дослідях Калужського і Солонцевої загальна лужність солонця під впливом сірки понизилася вдвоє, і врожай рослин зростав, наприклад, так:

	Без сірки	З сіркою (5 г) на посудину (у грамах)
Ячмінь	11,0	17,3
Просо а)	20,8	33,0
б)	26,9	37,8 і т. д.

Однак, таке підвищення спостерігалось тільки при достатній вологості ґрунту (60% від вологості і вище), а при недостатності вологи (40% від вологості) спостерігалось пониження врожаю.

Бісульфат натрію NaHSO_4 , що являє собою покидь по-рохових заводів, може діяти подібно до сірки; щодо нього є сприятливі досліді над так званим „кислуванням“ чорноземів, при чому, очевидно, ця кисла сіль розчинно діє на фосфати ґрунту.

ПОЛЬОВИЙ ДОСЛІД

Під впливом нових поглядів, висловлених Лібіхом, з 40-х років почали провадити більшими кількостями, ніж раніше¹ польові досліді, щоб в'яснити вплив різних добрив на культурні рослини. При цьому спочатку здавалося, що ці досліді дуже легко поставити, треба тільки засіяти одну ділянку якоюнебудь рослиною по випробуваному добриву, а другу таку саму ділянку — без добрива, при цьому брали, як правило, великі ділянки (0,1 — 0,25 га) без всякої повторності і будьяких інших запобіжних заходів. Незабаром однак виявилось, що така елементарна постановка часто нічого не дає², бо на результатах досліді надто відбиваються всякі випадки і насамперед неоднорідність ґрунту на порівнюваних ділянках. В принципі при постановці дослідів прагнуть користуватися методом різниці, тобто змінювати тільки той фактор, що його вплив бажано спостерігати, залишаючи решту факторів сталими і незмінними, тоді різниця в урожаї вкаже на ролі досліджуваного фактора. Але бажану незмінність решти факторів у польовому досліді не легко здійснити, бо природна мінливість ґрунту навіть на невеликих віддалях звичайно далеко більша, ніж це прийнято думати. Правда, рекомендується при доборі місця для дослідів додержувати по змозі того, щоб між ділянками не було, наприклад, різниць, спричинюваних умовами рельєфу. Різниця може бути в різному розподілі вологи, поживних речовин (нанесення або змивання мілкозему), а також світла і тепла при нахилі, поверненому до різних сторін горизонту; уникають також близькості шляхів, які, крім небезпеки прямого псування, можуть спричинитися до різниць у будові і багатстві на поживні речовини, особливо, якщо немає гарантій, що шлях не зміняв свого положення в минулому; так само впливає близькість лісу (сніг лежить довше). Але побажання щодо однорідності властивостей і умов залягання ділянок не завжди можна строго виконати навіть у тих відношеннях, про які можна міркувати в наслідок безпосереднього огляду;

¹ Звичайне уявлення, що досліді з концентрованими добривами розпочалися тільки від Лібіха, невірне; досить взяти „Möglinsche Annaalen“ за 30 роки, щоб переконатися в цьому: так у 29 томі (1932 р.) надруковано статті Körte, в одній з яких описується досліді щодо впливу кістяної муки на врожай хлібів, а в другій — досліді щодо впливу добрив на вміст клейковини і крохмалю в зернах пшениці.

² Якщо при рельєфності діяння добрив досліді без повторних ділянок і можуть мати демонстративне значення, то при спробі кількісного обліку залишається зовсім невідомим розмір огрхів, залежних від неоднорідності ґрунту.

тим часом, крім первинної мінливості ґрунтового покриву, тобто природних різниць у механічному і хемічному складі ґрунту або підґрунтя, існує цілий ряд умов, що не спадаючи на увагу експериментатору, можуть дуже відбитися на результатах досліді, особливо ж неоднакове удобрення частин поля попередніх років (іноді досить давніх; якщо, наприклад, 50 років тому на місці сучасної ріллі були село і межі городів, що не завжди залишається в пам'яті населення, то ділянки можуть бути вельми неоднорідними).

Щоб дати деяке поняття про мінливість властивостей ґрунту, візьмемо хоч би з 4 звіту Івановської дослідної станції кілька рядів цифр, що ілюструють урожай буряка на поряд розміщених і нічим не удобрених ділянках, по 125 кв. м кожна (треба мати на увазі, що ділянку взято на постійному дослідному полі, отже при всьому додержанні можливої однорідності ґрунту за видимими ознаками).

№	49-й	50-й	51-й	52-й	53-й	54-й	55-й	56-й
I	503	572	605	552	567	494	419	471
II	666	642	665	619	627	642	617	669
III	663	640	659	640	620	589	665	709
IV	696	672	698	707	684	713	697	715
і т. д.								

Тут покази окремих ділянок коливаються від 419 до 715. Якщо навіть скласти цифри горизонтальних рядів і створити ділянки в 1000 м, то їх покази все ж різні: 4185—5147—5185—5582¹.

Такою є мінливість в гарному виладку, тобто при однорідних зовнішніх властивостях, сприятливому рельєфі, однаковій культурі в минулому; при відсутності цих умов розміри коливань дуже зростають.

Наведений приклад стосується чорнозему, а в чорноземній смузі мінливість ґрунтового покриву взагалі менша, ніж у нечорноземній, завдяки капризності розміщення льодовикових

¹ Наведемо подібні ж такі дані, одержані на Сумській дослідній станції при дробному обліку на вівсяному полі (без всякого догляду).

Урожай надземних органів вівса (кілограми на ділянках 64,5 кв. м).

№	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й
I	1,87	2,22	2,05	2,12	2,06	1,80	1,89	1,70
III	2,16	2,09	2,14	1,48	2,00	2,07	2,20	2,19
IV	2,32	1,98	2,01	1,82	1,89	2,19	1,96	2,14
VII	1,46	1,73	1,97	2,04	2,11	2,26	2,20	2,30
і т. д.								

Тут були коливання від 1,469 до 2,32 кг.

нанесень; іноді різна врожайність близьких і здавалося б зовні досить однорідних частин поля може залежати, наприклад, від присутності або відсутності піскового прошарку у підстилаючому горизонті.

Щоб подолати цю головну перешкоду на шляху до точності польового досліду, пропонувалося різноманітні способи, аж до такого здавалося б радикального, як знімання ґрунтового шару з усіх ділянок, добре перемішування його (аж до пропускання крізь сито) і повертання назад уже цілком однорідної маси. Але не кажучи про труднощі цього заходу, здійснимого тільки в дрібноділянкових дослідах, він утворює нове середовище, відмінне від ґрунту на решті площі поля, бо будова ґрунту, ступінь аерації, розподіл вологості (і навіть мікроорганізмів) будуть іншими, нітрифікація тут відбуватиметься енергійніше і т. ін. Можливо це однорідне середовище буде дуже цінним для вловлювання тонких різниць між деякими добривами (наприклад, преципітатом і суперфосфатом), але це буде інше середовище, це буде вже перехід до вегетаційного досліду, що має свої завдання, при якому ідуть ще далі в сторону різниці від польових умов (утворення оптимальної вологості та ін.), але цифри якого не можна переносити безпосередньо в поле.

Другий шлях усунення (або пом'якшення) різниць ґрунтової родючості намагалися знайти в так званих вирівняльних посівах, тобто в посіві по всій площі майбутньої дослідної ділянки будь-якої рослини без всяких добрив в передбаченні, що на місцях, які зберегли вплив попереднього внесення добрив, рослини розвинуться краще і візьмуть поживних речовин більше, що сприятиме вирівнюванню родючості і підготовці ділянки до закладання досліду в майбутньому. Але так можуть бути усунені тільки різниці від такого добрива, як селітра, що її діяння завдяки легкій розчинності у воді і невбирності ґрунтом, є швидким і швидко закінчується, а наприклад, добра заправка гноем залишає слід на більше число років (див. стор. 30.); а тим більше вирівняльними посівами не можуть бути усунені ті різниці в хемічному і механічному складі ґрунту, що бувають в різних частинах того самого поля.

Тим то самий термін „вирівняльний посів“ тепер втратив значення, і замість того кажуть про рекогносціювальні або розвідні посіви, що мають певне значення; однак і тут не потвердилося припущення про якийсь поправочний коефіцієнт для одної ділянки щодо другої, неможливо було також намітити ділянки з зовсім рівною родючістю ґрунту, щоб у подальші роки можна було всі різниці між ними приписати тільки різниці в добривах.

Далі, можна емпірично порівняти ділянки за рік до проведення дослідів, виокремивши їх заздалегідь, однаково по змозі їх обробити, засіяти водночас, зібрати окремо врожаї і порівняти між собою; якщо не буде помітних коливань у показах, то визнати ділянки за придатні для проведення дослідів над добривами наступного року.

Звичайно, такий спосіб допомагає усунути грубі розбіжності показів, але він не усуває все таки різниць, що неоднаково виявляються при різних умовах погоди і різних культурах. Так в Австрії Dafert (Landw Jahrb. 1903) працював 1899 р. над попереднім вивірянням 100 дрібних ділянок (на 10 кв. м кожна), при чому врожай пшениці коливався на цих ділянках від 2,7 до 3,8 кг; для дослідів 1900 р. взято було тільки ділянки, що дали збіжні покази, однак урожай дальшої рослини (картоплі) змінювався на цих вибраних ділянках від 19,76 до 26,6 кг, а врожай третього хліба (вівса) від 2,8 до 3,3 кг¹.

Причини таких незбігів у показах різних років можуть бути почасти в умовах погоди; наприклад, при недостатності (або зайвині) вологи врожаї можуть бути однакові, а при оптимальній вологості буде різниця в родючості ділянок, або, навпаки, ділянки однакової родючості дадуть урожаї, що у вологий рік відхиляються в протилежний бік, рівняючи з сухим роком, завдяки малопомітним різницям у мікрорельєфі; далі, при різних рослинах може бути, що для одних запас поживи був скрізь забезпечений, і різниці не проявилися, а для інших, вибагливіших, ці різниці виявилися (наприклад, там, де хліба не виявлять різниць, буряк їх дасть).

Проте, при вивченні площі, що відводиться під постійні дослідні поля, такий спосіб може великою мірою стати в пригоді хоча не так, як цього сподівалися. Так, якщо попередніми посівами не досягається вирівнювання властивостей окремих ділянок і так само не можна робити на підставі їх будьяких виправлень при обліку врожаїв у подальших дослідах, то все ж вони правлять за засіб для вивчення властивостей площі поля (характеру мінливості) і можуть сприяти при достатній дробності обліку правильнішому встановленню розмірів ділянок (у зв'язку з числом повторностей), правильнішому поділу площі на частини, призначувані для окремих дослідів, або виключенню тої чи іншої частини площі, якщо вона виявиться надто строкатою.

Кінець-кінцем через недосяжність вирівнювання властивостей ділянок попередніми посівами і неможливість змішувати ґрунт з різних ділянок, щоб надати йому однорідності, доводиться знаходити вихід у тому, щоб замість фізичного змішання ґрунту з окремих ділянок вдаватися до чисто арифметичного змішання або підсумовування врожайних даних з кількох ділянок, розміщених у різних частинах досліджуваного поля, та до виведення способом ділення середнього показу для однорідних випадків, в розрахунку, що в цьому середньому зникнуть ті випадкові відхилення, що були спричинені неоднаковою родючістю поодиноких ділянок.

Однак сталість середніх чисел залежить від числа доданків, а тому, чим більшої точності ми вимагаємо від досліду,

¹ Подібні приклади з даних Шатілівської станції див. у статті А. Н. Лебедянцева „Вестник сільського господарства“ за 1912 р., № 6.

тим більше разів повинні повторюватися розміщені нарізно повторні ділянки.

Найважливіше при всякому досліді — знати розмір можливого огріху і зіставити з ним різниці, одержувані від застосування добрива.

Якщо, наприклад, від добрива дістають прирости в 40—50%, то різниця між показами неудобрених ділянок в 5% і навіть 10% не затемнюватиме так результатів досліді, як коли йдеться про облік більш тонких впливів; тоді доводиться підвищувати вимогу до точності показів і множити число повторних ділянок.

В усякому разі, якщо мають справу з малим числом повторень, то різниці між удобреними і неудобреними ділянками повинні значно перевищувати коливання між показами одноіменних ділянок, щоб дослід можна було визнати за доведений.

Потреба певної методики в польовому досліді не відразу набула загального визнання. В Німеччині 60-х років Грувен звернув увагу на неможливість узагальнити дані окремого досліді і на потребу паралельних дослідів у багатьох пунктах; в 70-х роках Меркер уперше виставив тезу, що при всякому досліді треба знати розмір огріху, для чого він запровадив повторність, особливо для неудобрених ділянок, вимагаючи, щоб кожна третя (або, принаймні, кожна п'ята) ділянка залишалася неудобреною. Меркер виводив середнє з показів усіх, і відхил від середнього для ділянки з найвищим і з найнижчим урожаєм приймав за розмір огріху, властивий даному досліді; тим то він визнавав наявність ефекту від добрива тільки тоді, коли покази удобрених ділянок явно виходили за межі помилки досліді. Тоді ж таки Дрекслер звернув увагу на ненормальне прагнення ускладняти завдання досліді через бажання розв'язувати в одному досліді відразу кілька питань. Особливо ж систематично вимогу щодо встановлення меж огріху і можливого пониження їх способом повторності став проводити з 80-х років минулого сторіччя Вагнер (Paul Wagner), що багато зробив для розвитку методики як польового, так і вегетаційного досліді.

Але те, чого почали так вперто вимагати Меркер і Вагнер, не зразу запровадилося в життя, і тільки від початку ХХ ст. в Німеччині регулярне застосування повторності ділянок та інших запобіжних заходів при дослідіх з добривом стало загальним правилом.

Звичайно порівнюють середній показ удобрених ділянок з середнім з показів ділянок неудобрених, беручи останній за 100 і виражаючи перший у процентах. Але якщо дані одноіменних ділянок, розташованих у різних частинах поля, недосить близькі, і йдеться про оцінку показу окремої ділянки, то правильніше порівнювати його не з загальним середнім, а з середнім з двох сусідніх неудобрених ділянок, що лежать по обидва боки даної удобреної: таке середнє ближче немовби відпові-

дало б врожаєві даної ділянки, якби вона не мала добрива (уявна контрольна ділянка)¹.

Але значна повторність набагато збільшує працю над постановкою та обліком дослідів тим більше, що звичайно доводиться не просто порівнювати вплив внесеного добрива (наприклад, типу NPK) з відсутністю його, а мати справу з більш або менш складними схемами, ніж, наприклад, вісьмірна схема, коли 4—6-кратна повторність відмічає вже наявність 32—48 ділянок, на яких усі роботи над посівом і збиранням повинні бути проведені водночас, інакше дощ, наприклад, може затримати збирання з частини ділянок, утворити різниці, що не залежать від діяння добрива, і тим зіпсувати дослід.

Крім числа ділянок, більша або менша трудність одночасного і строго одноманітного проведення всіх заходів у зв'язку з постановкою досліду залежить від розміру ділянок, що буває вельми різним і що для нього неможливо встановити загального правила; часто буває розмір ділянки на 100 кв. м, а тепер трапляється прагнення збільшити його до 1000 кв. м при постановці досліду у виробничих умовах, а з другого боку — при особливому типі „дрібноділянкових“ дослідів він зменшується до 2 кв. м. В період виникнення наших дослідних станцій, що з них найстарішою є Полтавська, основана 1885 р., поміщики — „практики“ звичайно докоряли дослідникам за роботу з повторністю при невеликому розмірі ділянок, запевняючи, що „коли взяти десятину і удобрити її, а другу не удобрювати, то й без повторності буде видно, чи варт удобрювати“; очевидно, тоді вважалося, що коли на око ґрунт на обох десятинах однаково чорний, то й врожай на них (без добрива) буває однаковий; але і на чорноземі бувають великі коливання, і чим більша площа охоплена дослідом, тим більше небезпеки захопити неоднорідні площі; тим то великі ділянки не звільнюють від повторності, і число потрібних повторень для кожного розміру ділянок треба встановити дослідним способом у межах даної ґрунтової відміни. Річ у тім, що мінливість ґрунту має різний характер, і в ній треба розрізняти дробну мінливість,

¹ Якщо навіть неудобрені ділянки не лежать безпосередньо з обох боків кожної удобреної, а розташовані рідше, то при поступливій зміні властивостей ґрунту на віддалі між неудобреними ділянками можна в певних випадках користуватися інтерполюванням і обчислювати врожай уявної контрольної ділянки, що відповідає даній удобреній, на підставі співвідношення відстаней цієї останньої від обох неудобренних. Таким способом іноді дається внести присутні поправки при обробці результатів дослідів; однак припустимість такого способу залежить від характеру мінливості ґрунту, а саме від того, чи змінюються врожаї неудобренних ділянок з певною правильністю, постійно підвищуючись (або зменшуючись) в одному певному напрямку або ж стрибками; лише в першому випадку ми можемо бути певними в доцільності застосованого розрахунку. Такі випадки можливі, наприклад, при досліді на схилах; якщо скажуть, що на схилах не слід ставити дослідів, то з цього правила все таки доводиться робити винятки, якщо йдеться про удобрення саме даного схилу. Див. статті Б. Н. Рождественського „Как повысить точность полевого опыта“ у збірнику ім. Чупрова. „Опыты с минеральными удобрениями на крестьянских землях“ (за редакцією Д. Н. Пряннішкіова, з передмовою К. А. Тімірязєва). М. 1908.

яку велика ділянка може перекривати і тому вирівнювати, від мінливості іншого масштабу, що може, наприклад, на протязі кілометра виявлятися або в поступінному зменшуванні ґрунтової родючості в одному напрямку (як це буває в чорноземній смузі при переході від гірського плато до річкової долини) або в капризній і многократній мінливості її, як це буває часто в нечорноземній смузі, при тому не тільки в зв'язку з рельєфом, а й незалежно від нього. Тим то збільшення загальної площі під дослідом понад певну межу стає невигідним.

Установлення розмірів ділянок ще й тому важко піддається загальному нормуванню, що, крім характеру ґрунтової мінливості, це питання зв'язане і з числом повторностей (бо добуток з площі ділянок на повторність і на число комбінацій у схемі досліду дає загальну площу, взяту під дослід), а також і з тим, при якій техніці виконання с. г. робіт провадитиметься дослід — трактор, кінна упряжка, мотофреза або ручна робота садіння кожної рослини, як при культурі бурякових висадок, так само і при збиранні — жнейка або жнеемолотарка (комбайн) чи ручне збирання (бавовна, шафран і т. д.).

Якщо залишатися в межах, що дозволяє техніка, то можна сказати, що тут існує така правильність.

У більшості випадків, коли доводиться мати справу з певною площею, відведеною під досліди, і вибирати між закладанням значних розмірами ділянок, але при меншому числі повторень, або ж, навпаки — менших розмірами ділянок, але при більшому числі повторень, то доводиться віддавати перевагу другому: велика ділянка, поділена на кілька дрібних і немов розподілена у вигляді цих дрібних ділянок по різних частинах дослідної площі, дасть більш сталий показ¹, ніж без такого розподілу, бо збільшується шанс після поділу попередньої цілої ділянки краще охопити різні частини площі, на яких можна передбачити певну різницю властивостей.

Вважаючи на те, що питання про число повторних ділянок, величину окремої ділянки та площі всієї дослідної ділянки являють собою питання, пов'язані, треба, зваживши значення кожного фактора, вибрати потім певний оптимальний комплекс їх, що зумовлює якомога більшу точність відповіді для даних умов; отже, зупинімося ближче на взаємодіянні цих факторів.

Найбільша певність середнього досягається звичайно способом збільшення числа ділянок. Згідно з теорією імовірностей середній розмір огріху зменшується пропорціонально квадратному кореневі з числа показів, тобто при 2 показах огріх зменшується у відношенні $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0,71$ при 4 показах — у відношенні $\frac{1}{\sqrt{4}} = 0,50$ і т. д.

¹ Див. Holstmark und Larsen, „Über die Begrenzung der Fehler, die bei Feldversuchen durch die Ungleichmässigkeit des Bodens bedingt sind“, Landw. Vers. Stat. 1906.

При перевірці цих відношень відповідно до умов польового досліду Holstmark та Larsen (Норвегія) спостерігали зміни близькі до обчислених змін, саме:

	При середньому з ділянок		
	1	2	3
Середні розміри огріху відносяться . . .	1:	0,658:	0,418
Обчислення ж дає	1:	0,71:	0,50

В дійсності скорочення розміру огріху було навіть більше від передбаченого теорією імовірностей, що пояснюється так: огріхи в показах окремих ділянок насправді не зовсім випадкові (як це припускається при теоретичній побудові), вони є почасти немов би загальними або більш близькими для цілих груп ділянок; так, звичайно родючість ґрунту змінюється не безладними стрибками від одної ділянки до другої, а поступініше в тому чи іншому напрямку (це констатовано і в дослідях Larsen'a). Тим то, коли ми збільшуємо число повторних ділянок, ми ще виграємо і на розподілі їх по площі, що її властивості тоді краще виявлені в кількох ділянках, розкиданих в різних частинах дослідної ділянки (відзначимо, що характер мінливості властивостей ґрунту може бути в різних випадках у тій чи тій мірі неоднаковим).

Розмір ділянки також може сприяти підвищенню точності показу, але не в тих межах, як це незрідка думають ті, що не мали справи з постановкою дослідів; ось, наприклад, з того ж дослідження Larsen'a:

Розмір ділянки (у кв. м)	6,25	12,50	25	50	100
Середній розмір огріху (у %)	17,4	15,8	14,6	12,7	11,5

Таким чином тут велике (16-кратне) збільшення затрати площі на кожен ділянку зменшило розмір огріху майже лише в тому самому відношенні, як коли б ми тільки подвоїли число найменших ділянок $\left(\frac{17,4}{\sqrt{2}} = 12,3\%\right)^1$.

Різницю між подвоєнням (або взагалі помноженням) числа ділянок та збільшенням площі ділянки бачимо вже з того, що при подвоєнні площі захоплюється тільки сусідні частини, огріх яких звичайно близький до того ж таки типу; при подвоєнні ж числа ділянок (або одночасному збільшенні площі і поділі попередньої ділянки на частини, розкидані в різних місцях ділянки) ми захоплюємо різні частини площі, з різними розмірами огріхів, і таким чином краще облічуємо ці огріхи.

¹ При такому порівнянні на Сумській дослідній станції М. А. Єгоровим одержано такі величини (наводимо в сажнях за оригіналом, бо тут перерахунок на метри не має рації).

Розмір ділянки	1	3	5	10	20	40	60 к. с.
Середній процент відхилу	7,3	5,7	5,0	3,8	3,9	2,8	2,8

Очевидно, для даних умов підвищення точності показу від збільшення розміру ділянки припинялося при наблизенні площі до 40 саж. (або може навіть раніше), бо для проміжних площ (20—40) немає даних; див. „Журнал опытной агрономии“, 1909).

Отже, збільшення числа ділянок підвищує точність в більшій мірі, ніж збільшення їх площі; виходить, що можна підвищити точність, якщо замість одної великої ділянки взяти кілька дрібних, що в сумі дорівнюють їй площю. При такому поділі ділянки більше виграють в точності від збільшення числа ділянок, ніж буде втрачено від зменшення площі кожної ділянки, загальна ж площа при цьому залишається попередньою.

Наскільки можна понизити розмір огріху таким поділом ділянок можна бачити з дальших даних Larsen'a: 20 ділянок по одному ару кожна (100 кв. м) дали середній урожай сіна в 74,85 кг при середньому відхилі в 12⁰/₀; паралельно з цим на тій таки площі лук було створено розкидані дробні ділянки по 0,5; 0,25; 0,125 і 0,0625 ара, що при обліку дали в сумі ділянки теж по одному ару, по двадцять таких сумарних ділянок в кожній серії; при цьому були такі відхили (див. далі).

У подібному досліді на Івановській дослідній станції при далеко більшому розмірі ділянок Б. Н. Рождественський спостерігав такі відхили:

Серія по 20 арів

	Ділянки цілі (по 1 ару)	Ділянки поділені			
		2 ¹ / ₄	4 ¹ / ₄	8 ¹ / ₈	16 ¹ / ₁₆
Середній відхил.	12,02 ⁰ / ₀	8,06 ⁰ / ₀	5,30 ⁰ / ₀	4,62 ⁰ / ₀	3,33 ⁰ / ₀
Найбільший відхил	32,14 ⁰ / ₀	22,11 ⁰ / ₀	16,10 ⁰ / ₀	8,62 ⁰ / ₀	8,63 ⁰ / ₀

(при 8 елементарних ділянках по 135 кв. м кожна, зайнятих буряком).

	Ділянки (8) розміщені:			
	в 1	2	4	8 місцях ¹
Або розмір ділянки (в кв. м)	1080	5,40	270	135
Середній відхил (°/0)	5,16	4,08	3,07	2,72
Крайні відхили при цьому зменшилися	від 13,69 ⁰ / ₀		до 6,07%	

Отже, при вельми різному розмірі ділянок підтверджується вигідність розділеної великої ділянки та розміщення її частин в різних місцях досліджуваного поля.

Збільшення числа ділянок без зменшення їх розмірів мало б наслідком збільшення загальної площі, зайнятої даним дослідом. Таке збільшення, якщо навіть воно не подибує зовнішніх перешкод, за певними межами воно може бути небажаним по суті, бо призводить до збільшення віддалі між крайніми ділянками, а при великих віддалях можна сподіватися більших різниць у властивостях ґрунту, ніж при малих, а значить, і більших розмірів огріхів у показах ділянок.

Щоб запобігти цьому зростанню огріхів при збільшенні загальної площі дослідного поля Holstmark та Larsen пропонують користуватися методом, що його протягом ряду років успішно застосовували на дослідних полях у Норвегії і що його вони

¹ Або велика ділянка на 1080 кв. м, поділена на 2, 4, 8 менших, розміщених у різних частинах дослідної ділянки.

позначають в своєму німецькому повідомленні¹ як „Maassparzellenmethode“, тобто „метод вимірних ділянок“ або стандартів, що зводиться до певного способу розміщення контрольних ділянок (якщо хочете — пробних площ) та користування ними для обліку діяння того чи того випробовуваного способу (як впливу добрива, так і порівняння сортів та ін.). На загальному фоні шахматно розміщених квадратних ділянок розміщається ділянки вимірні, рядами, паралельними діагоналям. Якщо ж ми ітимемо по горизонтальних (або вертикальних) рядах, то через кожні дві „дослідні ділянки“ зустрічатимемо одну вимірну (стандартну або контрольну), таким чином на останні ділянки припадає $\frac{1}{3}$ всієї площі дослідного поля.

При такому розміщенні кожна ділянка має поруч себе 3 вимірні ділянки, якими і користуються для того, щоб замість фактичних одержаних урожаїв на порівнюваних ділянках вживати для порівняння так би мовити, „ідеальні“ врожаї, які обчислюється так:

„Обчислюють середній урожай трьох найближчих до порівнюваної вимірних ділянок і визначають різницю між цією середньою величиною і врожаєм відповідної (порівнюваної) ділянки. Це роблять для всіх ділянок, що входять у дослід. Далі, обчислюють середній урожай усіх вимірних ділянок на даному полі, і кінець-кінцем для кожної порівняльної ділянки відповідну їй різницю додають до середнього з урожаїв вимірних ділянок або віднімають з нього, залежно від того, позитивний чи негативний знак має різниця“².

При такому методі мінливість на протязі всього поля не виявляє великого впливу на розмір оріхів, останній залежить головню лише від тих змін, що можливі при переході від одної сусідньої ділянки до другої.

Якщо вдуматися в суть цього „норвезького“ методу, то легко виявити, що середне з усіх контрольних ділянок відіграє тут лише видиму роль, насправді ж порівнюється з сусідніми контрольними. Графічно основний спосіб можна виразити так: проводимо горизонтальну лінію, що відповідає рівню загального середнього врожаю для всіх вимірних (контрольних) ділянок, а на ординатах, відповідних „дослідним“ ділянкам, відкладаємо вгору (або вниз) від названої лінії ті різниці врожаю, що дала кожна така ділянка, рівняючи з середнім урожаєм трьох сусідніх контрольних ділянок. Отже, кінець-кінцем порівнюється ці останні різниці тільки після приведення (чисто формального) до певного загального рівня³.

¹ Landw. Versuchsstationen. Band LXV, 1906 (перше повідомлення, зроблене Larsen'ом на с. г. конгресі в Стокгольмі 1897 р.

² Landw. Vers. Stat. Bd. LXV, стор. 19—20.

³ Ми робимо ці зауваження не для того, щоб заперечити проти „норвезького способу“, а заради вияснення його значення. Не можна не відзначити, що багато-дешо в ньому близьке до не раз зазначуваного і в нашій літературі; там „ідеальний урожай“ — тут „уявна контрольна ділянка“ Б. Н. Рождественського; там розрахунок на підставі трьох сусідніх, тут — двох (але на жаль Б. Н. Рождественський і цілий ряд інших російських авторів друкували свої праці тільки російськи, тому їх не могли взяти на увагу західно-європейські автори). Своєрідне в норвезькому способі саме розміщення контрольних ділянок, що дає змогу мати в сусідстві з кожною удобреною з неудобренні ділянкою при відведенні всього тільки одної третини площі під останні. Це без сумніву позитивний момент, однак здійснений тільки при многорядному (шахматному) розміщенні ділянок квадратної (або близької до квадратної) форми, тоді як з ряду міркувань видовжена форма має ряд переваг.

Окремі вимоги до розміру дослідних ділянок, через те, що вони впливають з зовсім різних міркувань, можуть іноді суперечити одна одній; так, наприклад, якщо характер мінливості ґрунту або інші міркування говорять за малий розмір ділянок, а дослід ставиться не на стаціонарному дослідному полі, а в господарських умовах, де обробіток відбувається великими загонами і при посіві до трактора причеплюється 5 сіялок, то все таки можливо, крім досвіду з великими ділянками, з господарським обробітком, посівом і удобненням, провести дослід і з меншими ділянками, не порушуючи загального ходу робіт у господарстві. Для цього досить на фоні проведеного вже передпосівного обробітку поділити площу на ділянки якого завгодно розміру, внести добрива, потім зібрати всі кілочки (крім знаків на межі) і дати змогу господарству провести посів, як звичайно. Перед обліком варто тільки до початку загального збирання відновити (виходячи від межі) границі ділянок і провести облік урожаю з яким завгодно ступенем пильності і дробності.

Крім того, можна ще, не провадячи загального збирання, провести облік за пробними снопами, рядками, смугами тощо, щоб мати перевірку господарського обліку, який незрідка ускладнюється всякими випадками і при якому втрати від осипання та інші можуть бути з чисто зовнішніх причин неоднаковими для різних ділянок.

В результаті треба сказати, що можна працювати з ділянками якого завгодно розміру, але для кожного розміру ділянки і кожної ґрунтової відміни треба дослідом установити число повторень, що може гарантувати ту точність досліду, з якою ми хочемо працювати, бо зменшення огріху до 10% ; 5% або 3% досягається при різному числі повторень.

Тим то той при переході від 100-метрових ділянок до 1000-метрових (і більше), що спричиняється зміною техніки хліборобства, потрібна методична праця, яку провадять окремо для різних ґрунтових зон. Так само ні з чого не виходить, що коли при переході від 25-метрових до 250-метрових ділянок певною мірою зменшується огріх, то й при переході від 250-метрових ділянок до 0,1 або 0,25 га на всякій ґрунтовій відміні обов'язково теж зменшуватиметься огріх, і тим більше ніхто а ргіогі не може сказати, в якій мірі це буде, але, з другого боку, напевне відомо, що найбільш важливим фактором зменшення розмірів огріху є повторність, і головню тільки повторність дає змогу встановити цей розмір, праця ж без повторностей подібна до ходіння з зав'язаними очима або до плавання без компаса.

В тому, що ділянки в 1000 метрів можуть потребувати значної повторності навіть у чорноземній смузі (де ґрунтовий розчин далеко однорідніший, ніж у нечорноземній), часто можна переконатися навіть без постановки нових дослідів, а використовуючи попередні дані дослідних станцій з дробного обліку площі, яка готується для дослідів майбутніх. Великий матеріал про

методику польового досліду е, наприклад, в працях Б. Н. Рождественського, звідки ми можемо взяти такий приклад: при закладанні нового дослідного поля на Івановській станції площу близько 6 га було поділено на ділянки близько 125 метрів¹, розташовані в 4 ряди по 104 ділянки в кожному ряді.

Якщо ми підсумовуємо по 10 ділянок, то одержимо сумарні ділянки близько 1250 м, прилежні одна до одної довгими сторонами.

Розміри коливань урожайності на складових (малих) ділянках і на сумарних (великих) ділянках бачимо з дальших прикладів (див. табл. нижче).

В даному випадку родючість ґрунту зростала регулярно від першого ряду до четвертого і збільшення розміру ділянки по довжині смуги до 1250 м не усунуло вельми значних розбіжностей між показами ділянок, зовсім однаково оброблених і нічим не удобрених².

Тому належна повторність потрібна завжди, і не можна думати, що при великих ділянках подвійна повторність є щось,

Урожай для 125 м

№	Р я д и				№	Р я д и			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
51	607	665	659	698	61	545	701	660	739
52	552	619	640	707	62	545	719	709	718
53	567	627	620	684	63	534	660	672	720
54	494	642	589	713	64	543	676	681	736
55	419	617	665	697	65	557	680	663	705
56	471	669	709	715	66	511	711	654	739
57	479	660	682	697	67	471	640	660	750
58	510	696	713	736	68	442	659	707	762
59	466	686	676	673	69	502	640	651	661
60	545	743	666	741	70	508	622	639	651

Сумарні ділянки
(по 1250 кв. м)

5119 6624 6619 7061

Сумарні ділянки
(по 1250 кв. м)

5158 6708 6726 7181

що не залишає бажати нічого кращого, — при ній можливі значні відхилення, особливо в нечорноземній смузі.

Досить сказати, що відомі Ротамстедські досліди, які мають недостатню повторність (тільки подвійну, бо їх закладали в 40-х роках минулого сторіччя), виявляють середній розмір огріху в 10%.

¹ Через те, що в оригіналі 1910 р. розмір ділянок дано в сажнях, при перерахунку на метри виходять дробні числа, що для нас в даному разі не має значення (див. „Труди Івановської опытної станції“, вып. IV).

² В даному разі підсумовування в поперечному напрямку дає більш сталі покази, але без дробного обліку неможливо передбачати наперед, в якому напрямку вигідніше витягувати ділянки.

У тих випадках, коли через умови постановки досліду доводиться обмежитися тільки подвійною повторністю для удобрених ділянок, все ж треба мати більше число ділянок без добрива, щоб мати можливість контролювати мінімальність ґрунтового покриву¹.

Крім числа і розміру ділянок звертають увагу ще на їх форму. Дослід показує, що видовжені ділянки дають більш сталі результати, ніж квадратні, бо вони захоплюють ґрунт різних якостей і краще відповідають середнім властивостям всієї ділянки; але, вимірюючи їх, треба виявити велику пильність, бо невеличка помилка у вимірі короткої сторони і неправильність у проведенні довгої сторони (кривизна ліній) можуть дуже відбитися на площі ділянки².

Для цього зручно користуватися рядковою сіялкою, що нею можна зробити ділянки строго однакової ширини і площі при першій-ліпшій довжині (це особливо зручно при внесенні добрив рядковим способом з допомогою комбінованих сіялок).

При порівнянні ділянок квадратних і видовжених Б. Н. Рожественський одержав такі дані (в процентах):

	Середні відхили	Крайні відхили
Квадратні ділянки	8,07	19,96
Видовжені „	3,89	10,51

Розміщення ділянок може бути або однорядним або багато рядним (багаторусним, шахматним). Однорядне розміщення є неминучим на вузьких і довгих смугах, при тому оброблених усклад; крім форми смуги, до цього змушує тут і неоднорідність умов росту на тому і другому схилі (тобто якби ми розмістили ділянки, наприклад, в два ряди, то один ряд був би на північному, другий на південному, або західному і східному схилах); якщо ж кожна ділянка захоплює всю ширину смуги,

¹ Неприпустимість тільки двох удобрених ділянок можна проілюструвати на такому конкретному прикладі: було поставлено дослід, де першу і одинадцять ділянок залишено неудобреними, а з другої на десяту і з дванадцятої на двадцять було дано різні добрива в однаковій послідовності. При збиранні виявилося, що врожаї з 1 до 10 ділянок правильно зростали, а з 11 до 20 правильно зменшувалися. Особа, що ставила дослід, вивела середнє арифметичне і дійшла висновку, що добриво на даному ґрунті не діє. А тим часом тут, очевидно, впливало місцеве зменшення ґрунтової родючості від 11 ділянки до 20. Якби було додано 3 контрольну ділянку в кінці смуги (№ 21), то це зменшення родючості було б виявлено, і дослід треба було б забракувати, абож, якби між удобреними ділянками були частіше розкидані неудобрені і виявили б плавке зменшення родючості в одному напрямку, то все таки порівняння удобрених ділянок з сусідніми неудобреними виявило б наявність ефекту від удобрення.

² Так при ділянках в 100 м завдовжки і 10 м завширшки, відокремлених одна від одної лише подовжньою борозною, огріх при проведенні подовжньої борозни на ширину борозни з тої із другої сторони ділянки дає вже втрату 60% площі ділянки (Drechsler, Journal, f. Landw 1880).

то ділянки будуть більше порівнювані одна до одної¹. Розкидаючи добриво, треба стежити за тим, щоб через необережність або вітер добрива не потрапляли на сусідні смуги (влаштування проміжних „захисних“ смуг допомагає паралізувати мимовільне перенесення добрива при боронуванні); якщо добриво дуже пилить (шлаки, ціанамід) або взагалі бажано збільшити вагу розкидуваної маси, щоб рівномірніше розподілити її, то добриво змішують з невеликою кількістю сухої землі.

При загортанні добрив треба звернути увагу на те, щоб їх загортали на однакову глибину і однаковими способами, і щоб на ділянці неодобреній така сама оранка, що необхідна для загортання, все таки була проведена, інакше бо різниця може бути від неоднакового обробітку. Так само і про посіви треба строго додержувати загальної умови — однакової густоти посіву і однакових операцій при загортанні насіння та одночасності їх виконання.

Під час росту бажано, щоб був нагляд за дослідними ділянками, бо (крім охорони та запобігання потлочі) іноді вчасне спостереження виявляє причину подальших незакономірних різниць. Особливо ж важливо оглядати озимі на весні з тим, щоб відзначити вимочення і виключити пошкоджені місця або ж зовсім забракувати дослід. Перед збиранням викопують захисні смуги так, щоб залишалася тільки площа, на якій треба зробити облік, вивозять хліб, знятий з захисних смуг (щоб уникнути небезпеки змішання), і потім збирають з самих ділянок.

При постановці дослідів у господарствах (колективні досліді), вважаючи на можливість змішання копиць при перевозі² молотбі, небезпеку пошкодження при зберіганні тощо, має велике значення зважити весь урожай ще на полі, щоб принаймні, з сумарної ваги зерна та соломи скласти уявлення про діяння добрив; крім того можна визначити і врожай зерна до загального обмолоту способом обліку за пробними снопами³

Для цього снопи кладуть спочатку незв'язаними, з кожного снопа беруть жменю (про запобіжні заходи при бранні цієї

¹ Про розміщення і розмір ділянок та інші деталі див. у статтях Франкфурта і Рождественського („Труды сети опытных полей“, повідомлення перше), Ротмістрова („Методика полевого опыта“, Одеське досл. поле, ч. 9); в статті „Полевые опыты“ в VII томі с. г. енциклопедії (вид. Девріана); у доповідях та інструкціях, надрукованих у збірнику ім. А. І. Чупрова за редакцією Д. Н. Прянішнікова (Труды Московского совещания М. 1908); у звітах про праці Катеринославської сітки (I-III, складені Рождественським) та в ряді звітів дослідних станцій — Сумської, Шатіловської, Безенчупької, Івановської, наприкл., 4 вип. „Трудов Ивановской оп. ст.“ (1910), розділ „Приемы, увеличивающие точность полевого опыта“ (скл. Рождественським). З монографій пізнішого періоду див. Недокучаев „Полевой метод“ (1930), Römer „der Feldversuch“, 2 вид. (1925) (можна висловити жаль, що ця докладна монографія проф. Ремера залишилася неперекладеною на російську мову).

² Див. про деякі запобіжні заходи у В. Г. Ротмістрова „Методика полевого опыта“ (відбитки із звіту Одеського досл. поля, рік IX).

³ Див. В. В. Вінер, „Метод средних образцов при производстве полевых опытов“ (Журнал оп. агрономии, 1901); А. Н. Венгеровський „Учет урожая по методу средних образцов“ (Вестник сельского хозяйства, 1907, № 30, 31, 33); статті М. Н. Вонзблейна та ін. у збірнику ім. А. І. Чупрова (Москва, 1908); див. також 1 том Катеринославських „Трудов сети“ і т. д.

жмені див. у статтях, цитованих у примітці), з цих жмень складається пробний сніп, який зважують водночас з зважуванням решти маси врожаю на ділянці (зв'язаної в снопи слідом після взяття проби). Одночасне зважування має значення, особливо в нечорноземній смузі, де зміни вологості (залежно від зміни температури в різні години дня) можуть дуже вплинути на вагу соломи (і тим спричинитися до невірності у визначенні врожаю зерна). Пробні снопи кладуть потім у нумеровані мішки, везуть у сухе приміщення, де, висушивши ще раз, зважують. Знаючи вагу зерна з кожного пробного снопа і відношення ваги пробного снопа до загальної маси врожаю з ділянки (при однакових умовах вологості), легко визначити вагу зерна на ділянці (через те, що відома втрата ваги пробного снопа при висиханні, то можна і весь гуртовий урожай перерахувати на суху вагу, що може мати інтерес для правильного визначення ваги соломи та відношення ваги зерна і соломи).

Потім у міру можливості провадиться старанний обмолот і зважування урожаю зерна з цілих ділянок. Іноді цього не вдається зробити (при „летучих“ дослідних ділянках, розкиданих у різних господарствах, тоді доводиться задовольнитися обліком за пробними снопами. Досвід показує, що при цьому досягається ступінь точності, який може конкурувати з точністю при збиранні цілих ділянок при звичайних умовах господарства і навіть бути вищою; що тільки при дуже уважному обмолоті і уважному виконанні всіх інших операцій збирання всього урожаю дає досить вірні гарантії точності. Якщо ж експериментатор змушений доручити збирання і обмолот дослідних ділянок особам, що не мають спеціальної навички в обліку, виконують ці роботи поміж інших господарських робіт, то краще йому зверитися на пильний, ним самим проведений, облік пробних снопів. Там же, де можливо, треба застосовувати обидва способи водночас. Одержані цифри для одноіменних ділянок можуть дати матеріал для виведення загальних середніх, якщо не помічається великих змін у властивості ґрунту; в противному ж разі краще порівнювати кожную удобрену ділянку з найближчими неудобреними, як про це було сказано попереду.

Іноді пропонувалося не задовольнитися „емпіричним методом“ і обчислювати той урожай, що „повинен був би бути, якби посів був ідеально рівномірним, якби не було загинулих рослин, якби уцілілі рослини розвивалися цілком „нормально“. Такі спроби робилося і на Заході років 50 тому, але слушно були відкинуті¹.

¹ Paul Wagner писав з приводу таких пропозицій так: Mayer sagt, wir sollen diejenigen Pflanzen zur Erntehahme auswählen, welche „für die Parzelle normal sind“. Welche Pflanzen sind denn nun „für die Parzelle normal?“ Selbstverständlich diejenigen, deren Ausbildung der Wirkungsgröße der gegebenen Düngung entspricht. Und welche ist die Wirkungsgröße der gegebenen Gängung? Die wollen wir erst finden. Und wie finden wir sie? Durch Wägung der Pflanzen, „welche für die Parzelle normal sind“.

Da haben wir uns im Kreise herumgedreht, und selbst Adolf. Mayer, so sehr er sonst ein Meister in der zölogik ist, wird keinen Ausweg wissen (Landw. Jahrbücher, 1883 p., стор. 735).

Але часто доречним є „виключення“ частини площі ділянки ще до збирання, якщо на ній сталося пошкодження місцевого характеру, напевне не зв'язане з діянням добрива, наприклад, потолоч або вимочення; звичайно, тут потрібна значна обережність, наприклад, для посушливих місцевостей рекомендується виключати не тільки місця, пошкоджені від вимочення, а й прилежну до вимоченої частину, тому що рослини, які оточують вимочене місце, бувають розвинені сильніше від решти, бо користуються вологою з тих місць, де рослини загинули. Згадуємо про це, щоб відзначити, як іноді спосіб, здавалося б цілком законний, може призвести до непомітних для експериментатора змін показу в той чи інший бік¹.

Вище ми торкалися переважно таких перешкод до успішного проведення польового дослідів, що залежать від неоднорідності окремих ділянок; але, крім згаданих, є ще ряд хоча й рівномірно діючих причин, проте таких, що змінюють результати польових дослідів, як, скажемо, погода; посуха може зменшити діяння добрива, як і зайва вологість; напад комах, пошкодження паразитними грибами може пошкодити дослідів², навіть якщо припустити повну рівномірність у розподілі пошкоджень.

Щоб паралізувати вплив цих випадкових причин, повторюють дослідів рік-у-рік, за одним планом, протягом кількох років або навіть десятиріччів, як, наприклад, у Ротамстеді (Англії) з 1843 р. і дотепер

Другий спосіб — це масове повторення дослідів водночас в багатьох місцях, з метою паралізувати вплив випадкових причин. Значення цього способу різне, залежно від району. Однак сумарні дані, добуті при різних ґрунтових та інших умовах, мають менше значення для окремих пунктів, ніж дослідів, проведені при одноманітних умовах, хоча вони й не позбавлені значення з метою в'яснення значення будь-якого добрива для країни. Інша справа, коли вибирається місцевості з однаковими кліматичними ґрунтовими умовами, тоді результати таких масових дослідів мають значніший ступінь загальної застосовності для даного району. При такій постановці масові дослідів можуть бути кінцевою ланкою в спільній праці дослідних закладів, що дозволяють у звичайних господарських умовах випробовувати розмір діяння тих способів, позитивний вплив яких було попередю вивчено на постійних станціях і полях, і зробити їх загальновідомими; але водночас з інших поглядів колективні дослідів можуть відігравати роль розвідчу, і в їх даних дослідні станції незрідка одержують корисні вказівки при виробленні своїх програм.

¹ Докладніше див. про виключення, наприклад, у 1 томі Катеринославських звітів („Труды сети коллективных опытов“, складених Рождественським).

² Іноді бувають випадки й протилежні: вплив несприятливого фактора занадто підкреслює діяння добрива, це можна спостерегти, наприклад, при пошкодженні бурякової плантації довгоносиком, при цьому зберігається лише демонстративне значення дослідів, цифри ж обліку будуть не типовими.

Але, крім виключення впливу погоди способом одержання середніх чисел за ряд років, багаторічні досліді на стаціонарних полях мають і таке ще значення, — це облік підсумовуваного впливу кислих і лужних залишків добрива на врожай і на склад вбираючих основ, реакції ґрунтового розчину і т. д., щоб установити припустимість частого внесення тих самих добрив на різних ґрунтових відмінах (див. сказане на стор. 181 та 193 про вплив амоній-сульфату та ціанаміду на ґрунт і рослини та перегруповання в оцінці добрив через 5—10 і більше років після початку їх застосовування).

Вельми велике значення при постановці польового досліді має правильне відмежування питання та добір схеми. Через те, що складні схеми при потребі повторних ділянок призводять до того, що дослід важко виконати, краще уникати ускладнення завдання, але, обмеживши завдання певними рамками, в цих межах вимагати від схеми повного і точного виявлення поставленого питання. Перше питання, що з ним доводиться стикатися на початку дослідження невідомого нам ґрунту способом польового досліді, буде таке: 1) чи реагує даний ґрунт на внесення поживних речовин взагалі і які саме поживні речовини найбільше підвищують урожай? Лише після того як дослід дасть відповідь на ці питання, можна йти далі і дізнаватися, 2) в якій формі та 3) в яких кількостях треба вносити речовини, яких не вистачає, щоб досягти найбільших урожаїв? Де лежить межа діяння добрив при даних умовах? Якби ми поставили перед себе мету — відразу розв'язати всі ці питання, то прийшли б до схем неймовірної складності, які якщо і були б здійсненими, то з марною затратою значної частини праці (наприклад, ми ризикували б випробовувати різні кількості і різні форми азотистої та калійної поживи на ґрунті, що реагує тільки на фосфор).

Але й при постановці дослідів з питань першої категорії (яких речовин потребує ґрунт) доводиться також обмежуватися насамперед випробовуванням тих речовин, потреба на які є найбільш імовірною. Як правило, спостерігається випробовування на чутливість до трьох найголовніших (з погляду найбільш виявленої потреби) речовин: азоту, фосфору та калію. Однак для випробовування відношення до цих речовин недосить було б такої схеми:

1) O, 2) N, 3) K, 4) P,

бо якщо в ґрунті водночас не вистачає двох з них, то жодна речовина окремо не вплине; тим то треба додати комбінацію цих добрив по 2. А через те, що в міру задоволення потреби в двох елементах, що їх не вистачає, може вплинути і третій, то треба ввести ділянку, яка одержить всі 3 види добрив¹; так ми приходимо неминуче до вісьмірної схеми:

1) O, 2) N, 3) K, 3) P, 5) NK, 6) NP, 7) KP, 8) NKP.

¹ Досліді щодо впливу вапна ставиться окремо там, де це викликається міркуваннями іншого порядку (див. сказане в розділі про вапнування).

Якби ця схема повторювалася саме в такому вигляді потрібне число разів (3—6 і т. д.), то в ній контрольні ділянки по суті були б слабше виявлені, ніж перший-ліпший з елементів добрива, наприклад, фосфор або калій, бо діяння азоту взаємно контролюється порівнянням чотирьох пар ділянок: N та O, NP та P, NK та K, NPK та PK. Тому бажано збільшити число контрольних ділянок, щоб краще стежити за мінливістю родючості ґрунту по всій довжині дослідної смуги, вставляючи, наприклад, після кожних двох удобрених одну неудобрену ділянку:

O, N, P, O, K, NP, O, NK, KP, O, NKP.

Таке розміщення допомагає розшифрувати суть досліду або забракувати його, якщо різниці між контрольними ділянками будуть такого порядку як між ділянками різно удобреними.

В історії нашої дослідної справи були випадки, коли вважали, що така повторність не має значення, якщо досліди ставиться хоча і в різних умовах, але в дуже великому числі, гадаючи, що при математичній обробці всі випадкові відхили вирівнюються і загальні законності все таки виявляться. Тут непорозуміння було в такому: даремно пускати в математичну обробку непридатний матеріал і сподіватися, що він перетвориться на добрий, а без належного повторення (особливо перевірки мінливості ґрунту з допомогою багатьох неудобрених ділянок) неможна провести бракування первинного матеріалу, тоді погані досліди (закладені на невідповідному фоні тощо) затемнюватимуть дані гарних дослідів. З цього приводу один видатний математик так висловився: „математика — це те саме, що сильні жорна, які можуть усе перемолоти, але якщо ви покладете зерно, то дістанете борошно, а покладіть гравій — дістанете пісок“. Тим то важливо відкинути поганий матеріал заздалегідь, а цього не можна зробити без відповідної повторності.

Якщо вісьмірну схему важко здійснити, то доводиться подумати, як скоротити її з найменшою шкодою; скорочення можливе лише в тому разі, якщо ми пожертвуємо повнотою відповіді і надамо менше значення одному з елементів, наприклад, наперед вирішимо, що питання про калійні добрива в даному разі нас менше цікавлять, бо калій, якщо й буває потрібний, то звичайно не насамперед (що не для всіх типів ґрунтів і не для всіх культур зберігає однакову імовірність). При такому припущенні можна викинути ділянки з самим K, а також NK та PK, залишивши тільки калій в присутності N та P; тоді схема з вісьмірної перетвориться на п'ятірну і набуде такого вигляду:

O, N, P, NP, NKP,

або з вставкою повторних контролів:

а) O, N, P, O, NP, NKP, O,

б) N, O, P, O, NP, O, NKP.

Незрідка буває другий спосіб скорочення вісьмірної схеми до п'ятірної — це викидання тих ділянок, де добрива вноситься по-одиноці; залишається таке:

O, NK, NP, KP, NKP;

при цьому про діяння кожного елемента доводиться складати уявлення, порівнюючи ділянку NKP з тою, де даного елемента немає. Цей спосіб скорочення більш доречний в господарствах, де схильні застосовувати всі три види добрив; дійсно, їх відносна важливість при цьому способі виявиться. Але в господарстві, де доводиться шукати покищо хоч одного економічно вигідного виду добрив, неможливо обійтися без ділянок з поодинокими добривами; тим то для нас перший спосіб скорочення є в багатьох випадках більш припустимим з тим, звичайно, що на роль трет'яного елемента не завжди потрапляє K, а іноді і N, наприклад, на луках, де ростуть бобові, на торф'яниках, клеверищах тощо.

Тоді схема набуде іншого вигляду:

O, K, P, KP, NKP

або краще:

K, O, P, O, KP, O, NKP.

Коли вияснено, яких речовин потребує ґрунт, тоді можна відшукати відповідну форму і кількість добрив, наприклад, порівнюючи фосфорит, томасшлак, кістки з суперфосфатом, установити відносне діяння кожного добрива. Звідси бачимо, наскільки нерациональними є прості проби окремих добрив, що робилося так часто, коли могло здаватися, що для розв'язання питання про придатність того чи іншого добрива досить мати лише дві категорії ділянок (з даним добривом і без нього). Але зробити раціональний висновок з такого досліду, наприклад, при досліді з фосфоритом, очевидно, неможливо, бо ми не можемо тоді розібратися в причинах того чи того результату: може ґрунт при негативному результаті досліді зовсім не потребує фосфорної кислоти; може він потребує її, але форма добрива непридатна для даного ґрунту; може нарешті, ґрунт потребує фосфорної кислоти і дана форма її відповідає умовам досліді, але водночас невістачає, скажімо азоту, і без нього діяння P_2O_5 не виявляється.

Отже, крім названих двох ділянок доводиться обов'язково ставити ще ділянки з розчинною кислотою, тоді одержуємо простішу схему: 1) без добрива, 2) фосфорит, 3) суперфосфат. Якби ми були певні, що інші речовини, крім фосфору, напевне містяться в достатній кількості (як це буває при чистих парах на чорноземі), то можна було б обмежитися для даного випадку повторним закладанням тільки такої схеми. Але що така певність не може бути поширена на кожний окремий пункт, де провадиться досліді, то краще дати також ділянки з калієм і азотом. Тоді досліді набуває такого розміщення: 1) без добрива

2) фосфорит, 3) суперфосфат, 4) селітра плюс калійна сіль, 5) селітра плюс калійна сіль, плюс фосфорит, 6) суперфосфат плюс селітра плюс калійна сіль (не рахуючи необхідних повторень).

Дуже часто думають, що при постановці дослідів на „клеверному“ фоні не доводиться зважати на недостатність азоту, але при цьому забувають, що в нас, відмінно від сівозмін Бельгії, Голландії та Англії (на зразок норфолькської) сіється не просто клевер, а клевер з тимофіївкою, і тимофіївка, що залишається на третій рік, споживає азот, нагромаджений клевером. Цей азот виходить в гній, а не залишається в так званому „клеверищі“ тою кількістю, яку, дійсно, може нагромадити клевер і яку наводиться в довідниках на підставі західного досліду з посівами чистого клеверу однорічного користування.

Те, що тут сказано відповідно до дослідів з фосфоритом, стосується (з відповідною підстановкою) і інших дослідів щодо випробовування форми внесення тої чи іншої поживної речовини.

При постановці дослідів для порівняльної оцінки добрив треба правильно встановити розмір внесеного добрива: не однаково, чи вносити при зовсім однорідних ділянках більшу або меншу кількість добрива, бо при великій кількості досліджуваних добрив вирівнюються різниці між різними добривами, при малій, навпаки, різниці підкреслюються рельєфніше.

Припустімо наприклад, що ми порівнюємо суперфосфат і якийнебудь шлак, що в нього коефіцієнт використання дорівнює 50%. Хай на даному ґрунті найбільший ефект можуть дати 45 кг P_2O_5 на га. Якщо, не взявши цього до уваги, ми внесемо 90 кг P_2O_5 в формі суперфосфату і шлаку, то не матимемо ніякої різниці, бо половина P_2O_5 в суперфосфаті не діятиме, як зайвинна, а 90 кг P_2O_5 томашлаку, діючи на половину, дадуть такий самий ефект, як і фосфорна кислота суперфосфату. Але різниця між цими добривами цілком виявляється, якщо ми візьмемо вдвоє менші кількості. Отже, краще в таких випадках заздалегідь встановлювати певну градацію, досліджуючи одноразову, полуторну, подвійну кількість добрива, і брати кінець-кінцем такі малі кількості, щоб завжди досліджуваний фактор був у стані мінімуму.

Дрібноділянкові досліді. В попередньому викладі, говорячи про ділянки різного розміру, ми мали на увазі переважно такі коливання розмірів ділянок, при яких зберігається все таки можливість обробітку, догляду (а часто і збирання) тими методами, які застосовується в польовій культурі при даних умовах господарства, але бувають випадки, коли з цього правила допускається відхили і способи обробітку пристосовується до малої площі ділянок. Роблять це тоді, коли мовиться не про одержання абсолютних величин, які можна переносити в господарські умови, а про порівняльні дані, що правлять за засіб для характеристики добрива, коли, наприклад, ставиться питання, чи однаковим є діяння суперфосфату і преципітату на даному ґрунті, або як впливають умови сушіння на засвоєваність

преципітату, вплив тісного змішання $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ з фосфоритом на використанні останнього, вплив часу внесення ціанаміду, вплив тих чи інших добрив на якість картоплі та інші подібні випадки, коли важливо принципово констатувати наявність або відсутність впливу якогось фактора. Якщо будьякий вплив констатовано, то потім він, звичайно, повинен набути кількісного виразу в дослідях, проведених у різних ґрунтових зонах у типово польових умовах.

Таким чином дрібноділянкові досліді — це немов би певний крок у бік вегетаційних дослідів більшою пильністю обробітку, посіву та догляду за рослинами, що залишаються проте в звичайних умовах вологості, температури та освітлення. При потребі більшого числа випробувань добрива в зазначеному попереді розумінні дрібноділянкові досліді дають змогу набагато здешевити та пришвидшити роботи, при великій економії на площі. На Довгопрудному дослідному полі НІУ, що саме працює над питаннями порівняння добрив, накреслюваних промисловістю до випуску (які в цих випадках ще передчасно давати на дослідні станції Наркомзему і пускати для широкого вжитку), значення цього способу характеризується таким зростанням загального числа дрібних ділянок:

1928	800
1929	1 100
1930	5 000
1931	13 000

Без дрібних ділянок неможливо було б провести таке значне число дослідів при даній площі дослідного поля і даних коштах, але їх результати можна використати з тим застереженням, що напрямок діяння того чи іншого способу зберігає тотожність з польовим дослідом, розмір же діяння є звичайно підвищеним у наслідок більшої абсолютної висоти врожаїв у дрібноділянкових дослідях.

Сама собою площа ділянки, звичайно не може вплинути на врожай, це є вплив країв (крайні рослини розвиваються дужче ніж середні, бо черпають воду і мінеральну поживу з проміжної борозни, що відокремлює ділянки, і одержують більше світла). Якщо ділянку і захисну смугу відокремити, наприклад, натягуванням дроту (не пропускаючи жодного ряду посіву), то ніякої різниці в абсолютній величині врожаю розмір ділянки не спричинюватиме, але може бути різниця від великих ділянок, якщо на малих ділянках застосовується, наприклад, обробіток лопатою замість оранки. Однак різниця від іншого обробітку менша, ніж вплив країв, якщо посіви на ділянках не зливаються суцільно з захисною смугою. Так у дослідях НІУ різниця від ручного обробітку 20-метрових ділянок, рівняючи з обробітком плугом на картоплі, дорівнювала 23% (для вівса—11%), а приріст від додаткової площі живлення (за рахунок стежок між ділянками) при переході до 2-метрових ділянок дорівнював 27%, а за рахунок додаткової площі живлення (при 2-метрових ділянках) був приріст 82% (для вівса всі різниці менші). Отже

якби цілком виключити всякі незайняті проміжки (стежки, пропущені ряди), то підвищуючий вплив ручного обробітку зводився б для неудобраних ділянок до 11% для вівса, 23% для картоплі і 19% для буряка (дані С. В. Щерби).

За цими ж таки дослідями, щоб зменшити середній огріх досліду до тої самої величини (близько 7%), на ґрунті Довгопрудного дослідного поля потрібна, залежно від розміру ділянки, така повторність:

Площа ділянки	150м	20м	2м.
Повторність	4	6	8
	⏟ кратна		

Звідси бачимо, що перехід до малих ділянок означає вельми велику економію на площі під дослідями, і при певній меті досліду цими методами можна користуватися, щоб здійснити значно більше число дослідів, аніж було б можливо провести при великих ділянках.

1. ХЕМІЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ҐРУНТУ НА ДОБРИВО

Вважаючи на складність і дорожнечу польових дослідів та неможливість за короткий час з достатньою детальністю охопити цим методом всю різноманітність, спричинювану як природними особливостями ґрунтових відмін, так і попереднім режимом надходження і витрачання поживних речовин у зв'язку з різними системами хліборобства, природно постає потреба в утворенні методів прискороного і здешевленого типу, що дозволяють переносити дані польового досліду на великі площі, при умові близькості ґрунтових і господарських умов. Така інтерполяція до певної міри могла б замінити збільшення густоти сітки польових дослідів і таким чином прискорити розв'язання ряду питань, що особливо має значення для наших сучасних умов, коли на фоні відсутності в минулому як масового досліду щодо застосування добрив, так і відсутності розвиненої сітки агрохімічних дослідних станцій доводиться швидко перейти до застосування мінеральних добрив у масштабі Німеччини.

Найшвидшим методом є, звичайно, хемічний аналіз, але треба тільки добре розрізняти, яке ж питання ставиться перед хемічним аналізом, що хемік має визначити в ґрунті, щоб відповісти, наприклад, на запитання, чи треба цього року на даному ґрунті застосовувати фосфатні добрива чи ні. Адже, якщо загальний вміст P_2O_5 в ґрунті за солянокислою витяжкою становить, наприклад, 0,1%, то при вазі орного шару в 3000 т це становить 3000 кг на гектар, з урожаєм же виноситься 20—30 кг P_2O_5 , значить, ми хочемо, щоб хемік нам сказав, чи знайдеться з 3000 кг P_2O_5 одна сота частина, що може бути легко засвоєна рослиною, тобто йдеться про визначення 0,001% РО від ваги ґрунту, при тому на фоні в сто раз більшої загальної його кількості. Тут справа не в чутливості хемічних терезів і способі самого

аналізу взагалі, бо, коли б треба було визначити всю кількість будьякого елементу (наприклад, золота), що міститься в малій кількості, то треба було б тільки взяти більшу наважку ґрунту, екстрагувати цю речовину і визначити її з бажаною точністю. Тут трудність в другому, а саме, як розрізнити одну соту частину всього P_2O_5 ґрунту, засвоюваного для рослини (маючи на увазі найближчий час) від решти 99 його частин? І, що таке засвоюваний P_2O_5 — хіба це певна хемічна сполука і хіба це є те саме для проса і вівса, а тим більше для гороху та люпину? Мало того: ця засвоювана частина, наприклад, при бранні проби для аналізу на весні хіба є в готовому вигляді? Адже, насправді ми маємо поступінний перехід одних сполук до інших, і розчинення P_2O_5 ґрунту залежить як від мікробіологічних процесів (виділення CO_2 , HNO_3), так і від діяльності коренів самої рослини, що без сумніву можуть збагачувати ґрунтовий розчин на водневі іони, як це ясно доведено для люпину. Отже, про що ми питаємо хеміка? Не про те, що є в ґрунті в даний момент, а про те, що утворюється в ньому за весь час вегетаційного періоду, значить, потрібен власне не аналіз, а передбачення, при тому передбачення результату, залежного і від енергії мікробіологічних процесів і від енергії розвитку самої рослини, отже, і від умов погоди. Ясно, що бажати точного визначення хемічним аналізом того, чого в ґрунті ще немає, неможливо, можна тільки враховувати приблизно, чи є дані, що забезпечують нормальний перебіг процесів у майбутньому, або вірніше, чи немає в складі ґрунту перешкод до здійснення цього процесу, якщо решта факторів складаються сприятливо.

Незрідка думають, що можна підібрати таку слабу концентрацію кислотної витяжки, щоб вона відповідала характерові кислих кореневих виділень. Але якщо навіть відмовитися від того, що цей характер у різних рослин різний, і мати на увазі одну якунебудь рослину, наприклад, люпин, то з цього зовсім не виходить, що розчин якоїнебудь кислоти (уксусної або лимонної), при тій таки градації рН, як кореневі виділення люпину, візьме з ґрунту ту саму кількість P_2O_5 , що й коренева система люпину, бо і в часі, і в просторі ми маємо присутні різниці між діянням реактивів і діянням коренів рослин. Так, діяння кореневих волосків є чисто місцевим, і якщо люпин утворює в цих пунктах (біла волосків), наприклад, реакцію, відповідну $pH = 4,5-5,0$, то він має ряд огнищ, де відбувається розчинення фосфорної кислоти в ґрунті і вбирання її кореневими волосками. При збовтуванні ж з кислотою витяжкою в лабораторії всі часточки ґрунту дотикаються з реактивом, і якщо ми навіть установимо реакцію відповідну $pH = 5,0$ в кінці досліду, то напевне здобування P_2O_5 з усієї маси ґрунту відбуватиметься інакше, ніж це роблять корені люпину.

А якщо ми візьмемо тільки початкову реакцію $pH = 5,0$, то після збовтання її з ґрунтом вона може значно змінитися, і ще більшою буде різниця між діянням реактиву та коренів люпину.

Крім того, діяння коренів рослини зовсім не відповідає однократному (або взагалі короткочасному) збовтуванню ґрунту з реактивом, бо рослина за весь час росту щодня вбирає частину розчинного P_2O_5 , і цим створює можливість переходу нових кількостей у розчин, тому діяння коренів рослини можна швидше порівняти з декантацією кислоти витяжки, що постійно повторюється, та заміною її свіжою порцією розчинника, при чому і реакція витяжки, і частота її поновлення в різних рослин різна. Крім впливу рослини, в ґрунті відбувається ще також ряд біологічних процесів, від чого залежить перебіг розчинення (а іноді виведення з розчину) тих чи інших сполук, важливих для життя рослини.

Тому навіть найтонший метод визначення будьякої з рухомих складових частин ґрунту на весні не може ще показати, скільки цієї сполуки буде в розпорядженні рослини за вегетаційний період, як вимір кількості наявної води в колодязі нічого не говорить про можливість випомпувати з нього ту чи ту кількість води, що перевищує наявний об'єм її, або подібно до того як не можна мати уявлення про річну продуктивність суперфосфатного заводу з тої кількості готової продукції, що її ми застали в даний момент на складі.

Природно, що коли хочуть наслідувати повільний процес, що відбувається під впливом слабких розчинників (гідролітичне розщеплення та ін.) при постійному вбиранні рослиною частини розчинної речовини, але для пришвидшення застосовують лише короткочасну обробку, без застосування повторного екстрагування або усунення іншим способом з сфери реакції тої частини речовини, що перейшла в розчин,— то доводиться в таких випадках брати сильніший реактив (однопроцентна або двопроцентна лимонна кислота або більш розведені розчини мінеральних кислот). В такому разі між розчинним діянням кореневої системи і діянням застосовуваного розчинника немає збігу ні щодо концентрації іонів водню, ні щодо способу та щодо часу діяння, а тому не можна уявити загального розчинника, що для всіх рослин дозволив би передбачити, скільки буде засвоєно тої чи тої поживної речовини (наприклад, P_2O_5). Можна тільки чисто емпірично для певного типу ґрунтів спробувати підібрати розчинник, що наближено вказує на різниці у вмісті таких сполук, які легше від інших віддають у розчин частину фосфорної кислоти. Тим то треба дивуватися не тому, що немає методу, який дає 100-процентний збіг з показами рослин, а скоріше тому, що все таки є методи, які можуть для певного кола ґрунтів і рослин давати збіг до 80%.

Отже, хемічні методи, цілком певні, коли мовиться про визначення вмісту тої чи тої речовини в ґрунті (P_2O_5 , Cl, SO_4), стають умовними, коли хочуть дістати відповідь на питання, для якого ті, що ставлять це питання, не вміють дати хемічного формулювання, бо поняття про засвоєвані речовини не збігається ані з якими певними хемічними

с полукрами. Якщо емпірично вдається, наприклад, підібрати для певного району швидкий (орієнтовний) метод, то можна, звичайно, ним користуватися для інтерполяції, для заповнення прогалин між показами польових дослідів недосить густо розміщених, але не можна переносити жодного такого методу до нової області з іншим ґрунтовим типом, для якого ще не було проведено порівняння з польовим дослідом.

Як розчинником одні користуються лимонною кислотою (1-процентний розчин у способі Кеніга, те саме у Леммермана і Фрезеніуса), другі — азотною (Зігмонд) або соляною кислотою — 0,2-нормальною (Кірсанов), треті — водою з вуглекислотою (Діркс і Шеффер), четверті — водою (Антойн, Немец і М. Врангель). У способі Врангеля є цікавий підхід застосування повторної витяжки для визначення „швидкості віддачі“ фосфорної кислоти в розчин для кожного ґрунту, отже, тут є спроба зробити облік динаміки процесу (щоб не робити великого числа витяжок, запропоновано формулу обліку суми, здатної перейти в розчин P_2O_5 за зміною показів перших двох витяжок). У способі Діркса також є прагнення наблизитися до умов розчинення фосфорної кислоти в ґрунтах, не бідних на кальцій, саме для цих ґрунтів як розчинник беруть воду, що містить CO_2 та $Ca(HCO_3)_2$. За деякими вказівками цей метод виявився, наприклад, більш відповідним для ґрунту Єгипта, ніж лимонно-кисла витяжка.

Як попереду було сказано, всі ці методи умовні, і для кожної ґрунтової зони потрібен свій добір і своя „пришлифовка“ методу до місцевих особливостей на підставі порівняння з даними польових методів.

При такому використанні за типом інтерполяції хемічні методи як допоміжні можуть значно пришвидшити визначення районів найбільш виявленої потреби ґрунтів на той чи інший вид добрив.

2. СПРОБИ ВИКОРИСТАТИ ВЕГЕТАЦІЙНИЙ МЕТОД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ҐРУНТУ НА ДОБРИВО

1. Мітчерліхом була зроблена спроба використати вегетаційний метод для визначення запасу засвоюваних речовин у ґрунті, щоб на підставі цього визначення можна було робити вказівки про дози добрива, потрібні для збільшення врожаю до того чи того рівня. Мотиви для такої заміни полягають головно ось у чому: 1) далеко швидше і дешевше випробувати значне число ґрунтів на одній вегетаційній станції (Mitscherlichstation), ніж добре провести відповідну кількість польових дослідів, легше організувати компетентний нагляд і, якщо треба, на ходу зробити потрібні аналізи; 2) досліди не можуть бути зіпсовані різними відхилами погоди, і коливання результатів (відхили по окремих роках) далеко менші, ніж на полі, шкідники також можуть бути куди легше усунені. Установивши емпіричну формулу перебігу зростання врожаю під впливом зростаючих доз того чи іншого добрива, Мітчерліх ставив різні ґрунти в умовах однакового зволоження, освітлення тощо¹ і потім, порівнюючи,

¹ Певну техніку постановки цих дослідів описується в інструкціях, але тут немає потреби розглядати ці деталі.

наприклад, урожай на даному ґрунті без P_2O_5 (на фоні НК) з урожаєм по повному добриву, він визначає за формулою, скільки є засвоюваного P_2O_5 в даному ґрунті і скільки треба додати P_2O_5 , щоб піднести врожай до такого процента від максимального врожаю. Замість користуватися формулою Мітчерліх склав також таблиці, за якими можна визначати величину запасу (наприклад, P_2O_5) в ґрунті, якщо відомо, який урожай (в процентах від максимального) дає даний ґрунт без внесення P_2O_5 (на фоні НК).

Хоча Мітчерліх виставив деякі загальні положення, що не підтвердилися (сталість коефіцієнтів діяння факторів росту та їх незалежність одного від одного), але при певних умовах можна користуватися цим методом чисто емпірично, подібно до того, як використовується умовно метод кислотних витяжок, не зважаючи на відсутність принципових підстав сподіватися постійного збігу від цього методу з показами рослин.

Однак, при такому користуванні треба мати на увазі таке:

1) Поскілки в посудинах (крім іншої вологості тощо) ґрунт відокремлений від підґрунтя, а в полі рослини використовують і підґрунтя, Мітчерліх на підставі дослідів, проведених у Східній Пруссії, для переходу до польових рослин помножує на 2 запас поживних речовин, визначений з допомогою вегетаційного дослідів. Але дослідів, проведені в НІУ за планом А. Н. Лебедянцева, показали, що переводний коефіцієнт для Московської області, теж близький до 2, різко зростає при переході від неглибоких ґрунтів підзолистої смуги до чорноземів, де ґрунтовий шар є далеко глибшим, ніж орний, і для Кубанського чорнозему цей коефіцієнт доходить до 7 (тобто ще раз підтвержується, що фактором, зумовлюючим меншу потребу чорноземних ґрунтів на азотисті добрива, є глибина залягання цих ґрунтів, але зовсім не добра засвоюваність азоту ґрунтового шару, що процентно нижча, ніж у підзолі).

Отже, при роботі за способом Мітчерліха для кожної ґрунтової зони треба встановити свій переводний коефіцієнт.

2) Через те, що процент збігання показів методу Мітчерліха з даними польового дослідів не вищий, ніж покази слабокислотних витяжок, то природно, що з двох однаково умовних методів частіше віддаватиметься перевагу тому, що не потребує цілого вегетаційного періоду для свого проведення і, крім більшої швидкості, відзначається ще й більшою дешевиною, тобто методу слабокислотних витяжок.

2. Головне із сказаного з приводу методу Мітчерліха стосується і методу Віссмана. Останній не користується ніякими формулами, ніякими апріорними положеннями, і криву росту врожаю він одержує емпірично, вносячи в піскові культури, наприклад, зростаючі кількості P_2O_5 , тоді врожай кожного ґрунту без P_2O_5 (в присутності НК), порівняний з урожаєм в піскових культурах, дає змогу визначити, якій дозі засвоюваного P_2O_5 він відповідає, тобто, який є запас P_2O_5 в даному ґрунті. Але все сказане попереду щодо переводного коефіцієнта для

різних ґрунтових зон з приводу способу Мітчерліха, стосується і способу Віссмана, також і щодо процента збігу з польовим дослідом та більшої тривалості, рівняючи з хемічними методами.

3. Більш швидким є визначення потреби ґрунту на фосфор і калій за способом Нейбауера, що провадить дослід з проростками жита, який закінчується за $2\frac{1}{2}$ тижня. Вихідна думка Нейбауера була в тому, що якщо взяти мінімум ґрунту і максимум рослин, то вони зможуть за далеко коротший час вибрати з ґрунту ту кількість речовин, що її звичайно рослини дістають за цілий вегетаційний період; для цього береться 100 рослин на 100 г ґрунту (змішаного з піском) і дослід ведеться тільки протягом того періоду, поки не виснажаться запасні речовини насіння (17 день), що дозволяє провадити досліді протягом зимового періоду. Визначаючи в рослинах по закінченні досліді фосфор і калій, Нейбауер одержує числа, що характеризують багатство даного ґрунту на засвоювані K_2O та P_2O_5 , і порівнює їх з нормами, потрібними для одержання доброго врожаю (наприклад для ячменю треба, щоб в 100 г ґрунту містилося 19 мг K_2O та 5 мг P_2O_5 , в засвоюваній формі для жита — 16 та 4, для люцерни — 25 та 10 і т. д., але показником завжди є жито). Однак припущення, що в таких умовах за 17 день жито візьме стільки ж поживних речовин, скільки в польових умовах за вегетаційний період, є довільним, і ми маємо справу просто з емпіричним способом, що при ньому коренева система житніх проростків заміняє слабокислотну витяжку; але короткострокову витяжку легше провести в постійних умовах (температури тощо), ніж 17-денний дослід з рослинами.

Мабуть цікаво було б випробувати подібний метод для якісної розвідки в такому варіанті: дослід ставиться з асимілюючими рослинами (при меншому їх числі на 100 г ґрунту) при внесенні добрив за одною з спрощених схем (наприклад, O, N, P, NP, NPK або O, K, P, KP, NPK, залежно від виду ґрунту та мети досліді), а потім через 3—4 тижні просте зважування рослин (навіть без аналізу) дає вказівку на потребу ґрунту в добриві; якби це могло давати якісні вказівки, згідні з польовим дослідом, то при малому обсязі посудин і короткому часі досліді випробовування значного числа ґрунтів вимагало б далеко менше площі і коштів, ніж вегетаційний дослід з Мітчерліхом, і не потребувало б тої витрати на реактиви, що потребує спосіб Нейбауера.

3. МІКРОБІОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ҐРУНТУ НА ДОБРИВО

В ряді методів як показник багатства на ту чи ту поживну речовину використовується не вищу рослину, а безхлорофільні організми, що, крім зменшення масштабів і скорочення строку дослідів, дає змогу працювати поза залежністю від сонячного освітлення. Першу пропозицію використати для цього цвільовий гриб (*Aspergillus niger*) зробив В. С. Буткевіч 1909 р. і відповідні досліді було проведено в його лабораторії Костелецьким. При цьому про кількість засвоюваного P_2O_5 складають уявлення не з аналізу гриба, а просто за зважуванням міцелію, що розвинувся на поживних розчинах, куди не вноситься фосфор (або калій)

у вигляді солей, їх дають лише у вигляді певних наважск досліджуваних ґрунтів. Недавно (1930 р.) в Німеччині звернув увагу на цей спосіб Ніклас, що дещо змінив поживний розчин, в якому розвивається *Aspergillus*, і подальшу техніку культури гриба (що провадиться протягом 6 днів) та висушування міцелю. Як приклад наведемо таке порівняння показів цього методу з способом Нейбауера:

	№ ґрунту								
	29	30	1	82	19	76	11	62	50
Вага <i>Aspergillus</i>	0,82	0,94	1,21	1,42	1,61	1,80	2,34	3,30	5,10
Калій за Нейбауером	7,8	11,9	10,1	18,0	21,7	26,0	31,7	44,9	78,1

Крім *Aspergillus*, користуються культурами *Azotobacter* для визначення потреби ґрунту на фосфорну кислоту (Christensen, Niklas). Проведений за способом Віноградського дослід з *Azotobacter* дозволяє вже через 48 годин зробити висновок про те, чи є в даному ґрунті ясно виявлена недостатність фосфору (у варіанті, запропонованому Е. Е. Успенським, підрахунок колоній провадилося навіть через 24 години).

Для того, щоб дати поняття про характер даних, одержуваних різними методами визначення потреби ґрунтів на добриво, наведемо зразкові зведення дослідів НІУ (за статтею А. Н. Лебедянцева) з застереженням, що поскільки не всі методи застосовувалося до ґрунтів різного типу в достатньо великому числі випадків, то сталість цифр не є однаковою для всіх методів, і потрібне збільшення числа даних. Але для нашої мети з певною умовністю все ж можна користуватися і з цього порівняння.

В результаті можна сказати, що всі запропоновані методи не замінюють польового дослід, але вони можуть, поперше, допомогти поширенню даних польового досліді відповідно до меж тої чи тої ґрунтової відміни, вивчанню як морфологічної, так і хемічної і інших сторін, а подруге, вони можуть сприяти зрозумінню фактів, установлюваних польовим дослідом, і правити за вихідний пункт при постановці нових дослідів (див. таблиці на стор. 381, 382).

4. ВЕГЕТАЦІЙНИЙ МЕТОД ТА ЙОГО ОСНОВНА РОЛЬ В АГРОХЕМІЇ

В той час, як завданням польового досліді є облік тих розмірів діяння добрива, що здійснюється в реальній обстановці, завданням вегетаційного методу є виявлення суті процесів та вияснення значення окремих факторів, насамперед облік ролі рослини, ґрунту та добрива в умовах, найбільш сприятливих для виявлення цієї ролі. Коли вплив того чи іншого фактора, наявність того чи іншого явища констатовано, тоді можна і польовому досліді поставити запитання про розміри виявлення відповіданих різниць в реальній

обстановці. Але, щоб відкривати нові процеси, виміряти необлічені ще різниці, легше спочатку користуватися вегетаційним методом, щоб потім переносити випробовування нових способів і на поле.

Поле, своєю чергою, було, звичайно в ряді випадків первинним джерелом питань, що для корінного розв'язання їх агрохемики вдавалися до вегетаційного методу. Так Буссенго 1836–1840рр. в полі наткнувся на факт переваги азоту врожаїв над азотом добрива при плодозмінних сівозмінах, але тільки вегетаційний дослід розв'язав питання про участь повітряного азоту у створенні цих зайвин азоту в урожаї.

Так само вегетаційний дослід дав відповідь на питання про аміачне і нітратне живлення, про порівняльне значення фосфатів і т. д., не кажучи про те, що й основні питання фізіології кореневого живлення були розв'язані тими ж таки агротехніками, що не обмежувалися дослідями у водних і піскових культурах, і тим розв'язали питання, на які тоді не було відповіді у фізіології рослин.

Потреба на азот ґрунтових зон Союзу за різними методами

Ґрунти	Ефективність азоту в процентах від РК (польовий дослід)	Запаси в/г за Мітчелліхом		Нейбауер
		Польові досліді	Веґетаційні досліді ¹	Переводний коефіцієнт
Підзолисті	80	1,7	1,50	2
Сірі лісові землі	63	1,6	1,40	2
Деградовані та вилуговані чорноземи	55	2,1	1,95	3
Багаті чорноземи	51	3,3	3,16	3,5
Звичайні чорноземи	25	3,9	3,80	4
Каштанові ґрунти	4	4,4	4,20	7
Сіроземи	18	3,7	3,75	5,5

Потреба на калій ґрунтових зон Союзу за різними методами

Ґрунти	Ефективність калію в процентах від КР (польовий дослід)	Запаси в/г за Мітчелліхом		Нейбауер
		Польові досліді	Веґетаційні досліді	Мг. К ₂ О на 100 г ґрунту
Підзолисті	27	0,91	1,50	15,5
Сірі лісові землі	18	1,04	1,40	23,2
Деградовані і вилуговані чорноземи	15	1,02	1,5	22,8
Багаті чорноземи	15	1,07	1,7	25,1
Звичайні чорноземи	7	1,17	1,9	35,1
Каштанові ґрунти	10	1,25	2,1	44,6
Сіроземи	—	—	3,5	58,4

¹ При різній величині переводного коефіцієнта.

Потреба на фосфор ґрунтових зон Союзу за різними методами.

Ґрунти	Ефективність фосфору в процентах від НК (польовий дослід)	Запаси в ц/га		Вміст засвоюваного P ₂ O ₅		
		За Мітчерліхом		Лемерманом	Арреніусом	Нейбауером
		Польові досліді	Вегетаційні досліді	мг P ₂ O ₅ на 100 г ґрунту	мг P ₂ O ₅ на 100 г ґрунту	мг P ₂ O ₅ на 100 г ґрунту
Підзолисті	56	1,02	0,92	19,7	12,4	3,9
Сірі лісові землі	27	1,19	1,16	17,3	12,5	5,1
Деград. та вилуг. чорноземи	44	1,04	1,15	14,9	10,8	3,8
Багаті чорноземи	24	1,20	1,15	15,7	6,9	3,1
Звичайні " "	16	1,29	0,90	13,2	7,7	3,1
Каштан. ґрунти	1	1,87	1,21	13,1	7,5	5,3
Сіроземи	14	1,41	0,67	17,3	16,4	4,5

ПЕРЕВОДНІ КОЕФІЦІЕНТИ ДЛЯ РІЗНИХ ҐРУНТОВИХ ЗОН

Визначуваний елемент	Ґрунти Методи	Підзолисті	Сірі лісові	Деград. і вилуг. чорноз.	Багаті чорноземи	Звичайні чорноземи	Каштанові ґрунти	Сіроземи
Азот	Вегетац. метод	1	2	3	3,5	4	7	5,5
	Метод Кеніґа ¹	2	2	3	3,5	3,5	5	5
Фосфор	Вегетац. метод	1,1	1,0	0,9	1,0	1,4	1,6	2,1
	Метод Леммермана	0,5	0,6	0,6	0,7	0,9	1,3	0,7
Калій	Метод Арреніуса	0,7	0,9	0,9	1,6	1,6	2,3	0,8
	Метод Нейбауера	0,5	0,5	0,5	0,7	0,8	0,6	0,6
	Вегетац. метод	0,6	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	—
	Метод Нейбауера	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	—

Але якщо у Франції Буссенґо одночасно застосовував два протилежні кінці ланцюга агрохімічного дослідження — польовий дослід і культуру в прожареному піску чисто фізіологічного типу, то в Німеччині Ваґнер розвинув застосування проміжної ланки того ж ланцюга, саме вегетаційного досліді, розуміючи під ним дослід з ґрунтом, але вміщеним в посудину, при штучному створенні повної однорідності ґрунту в різних посудинах способом перемішування його і при оптимальних умовах росту для найбільш рельєфного виявлення різниць діяння досліджуваних добрив або особливостей ґрунтів та рослин.

Цікаво відзначити, що історично перехід до вегетаційного методу відбувався в результаті прагнення усунути мінливість показів польового методу способом змішування ґрунту.

Перші кроки в цьому напрямку зробив Ганаманн, що ще в 70-х роках для своїх дослідів брав ділянки землі площею 1 кв м, відокремлені одна від одної цементними стінками і без дна, отже, ґрунт цих ділянок (старанно перемішаний) не втрачав зв'язку з підґрунтям. Ганаманн був настільки упевнений в своєму методі, що навіть не становив розмірів огріхів. Коли Ваґнер (1880 р.) понав повторювати ці досліді, то виявив, що одноіменні ділянки і в цих умовах не дають тотожних показів. Ваґнер² так описував свої досліді над перевіркою цього

¹ Обробка ґрунту однопроцентним розчином K₂SO₄.

² L. v. dw. Jahrbücher 1883; Journal für Landwirtschaft 1880.

методу: знімали шар ґрунту і підґрунтя (по 25 см), те і те рівномірно перемішували окремо і насипали в клітки з цементними стінками (без дна); потрібне добриво розподіляли якомога дбайливіше, добирали рівні вагою бульби для садіння, так само за вагою відбирали зерна висіваного ячменю. Всі роботи над доглядом, збиранням, зважуванням урожаїв провадилося з можливою старанністю, але в результаті дослідів все таки виявилася значна різниця між одноіменними ділянками. При вивчанні причин цього явища, між іншим, виявилось, що на врожай виливали сусідні з дослідями ділянки ґрунту, бо вжитий цемент був водонепрониклим. Вагнер уважно перемішав і сусідній ґрунт, змінив цемент, оточив ділянки засівами ячменю, але знову були окремі коливання до 15% при середніх відхилах в 5%.

Причина цих коливань, як виявилось потім, була в тому, що ділянки ці не мали дна, і на врожаях позначався вплив підґрунтя, неоднакового вологого, бо рівень ґрунтових вод був неоднаковий у різних кінцях витягнутої смуги ділянок. Крім того, будова ґрунту в різних місцях ділянок була неоднаковою: середина ділянок була щільніша, бо при наповненні ділянок земля, яку викидали з тачок і вирівнювали пошарно граблями, все таки вкладалася щільніше всередині. У наслідок цього тут були кращі умови постачання вологи і нітратів, і рослини в середині розвивалися краще.

Вагнер дренажував ділянки для того, щоб паралізувати діяння ґрунтових вод, але нижче від 10% коливання окремих показів не спускалися.

Після цих труднощів Вагнер вирішив перейти до повної ізоляції від підґрунтя і нарешті до посудин розміру в 50 см. заввишки та 25 см. в діаметрі (а потім частково і меншого розміру). В посудини спочатку насипається гравій, що править за засіб для дренажу і для вирівнювання ваги; посудини наповнюють ґрунтом не зразу, а пошарно при однаковому ступені ущільнення, при чому водночас відбирається проби для визначення вологості. Таким чином вага ґрунту є скрізь однаковою і точно визначеною, однаковими скрізь є його склад та будова. Під час досліду вологість ґрунту регулюється точно за вагою, отже, можна експериментувати при різних і певних ступенях вологості. Добриво можна вельми досконалим розподілити; можна мати точно однакове число рослин в усіх посудинах. Вплив одностороннього освітлення усувається тим, що дослідні посудини оточують посудинами з тою самою рослиною, що не йде в рахунок при обліку результатів досліду (того самого досягають чергуванням положення посудин, пересуваючи крайні на середину і навпаки). Далі, при цьому способі легко збільшити число посудин, набагато легше, ніж число ділянок у полі.

При такій постановці досліду Вагнерові вдалося добитися того, що процент оґріху в найдосконаліших дослідах не перевищував у середньому 1%. При цьому усувалося вплив погоди; якщо комахи та паразитні грибки не зовсім усувалося, то значною мірою полегшувалася боротьба з ними: пошкодження можуть бути легко помічені, і відповідні культури забраковані, що дає змогу врахувати роль ґрунту далеко досконаліше, ніж при польових дослідах. Різні ґрунти можна випробовувати при тих самих умовах вологості, світла і тепла і таким чином краще врахувати роль ґрунту, ніж у польовому досліді. З допомогою цього методу Вагнер та ряд інших дослідників дістали цінні дані з багатьох питань удобрення, такими є питання про порівняння між собою різних джерел азоту фосфорної кислоти та ін.

Проти цього методу не зрідка бувають, з непорозуміння, заперечення, оснований на недостатньому розчиненні завдань польового та вегетаційного досліду. Головні з поширених заперечень такі: ми створюємо штучну обстановку, вміщені поза ґрунтом посудини нагріваються більше, ніж ґрунт; завдяки підвищенню температури в посудинах збільшуються розклад органічних речовин і нітрифікація, отже, всі процеси відбуваються більш прискорено, ніж у польовому досліді (колишні заперечення Marek).

Можна, звичайно, боротися з цим і зменшувати нагрів, усуваючи бічне освітлення посудини (рейки вкладається тоді на дні траншеї), але ж штучною умовою є вже й те, що ми підтримуємо оптимальну вологість, отже, тотожності з польовими умовами однаково не може бути; штучність вводиться вже таким розпушенням ґрунту при просіюванні і перемішуванні, якого в полі ніколи не буває; прагнути до створення тих самих умов не варто, треба тільки уникати шкідливих впливів і прагнути до створення оптимальних умов росту рослин.

На зміну умов вказує і те, що в посудинах урожаї виходять далеко вищі, ніж у полі. Якщо перерахувати врожай надземних частин на гектар, то виходить маса в 20—30 т і більше. Отже, і потреба на поживні речовини тут інша, ніж на полі.

Послідовніше буде, отже, раз назавжди визнати, що вегетаційний дослід є обов'язково дослід у штучній обстановці, що перед нами завжди лежить дилема: або створити, дійсно, однакове в усіх випадках середовище способом змішання ґрунту, регулювати вологість та інші фактори росту, жертвуючи природністю обстановки, або, якщо ми хочемо працювати в умовах, тожних з умовами польової культури, то й повинні вернутися з теплиці в поле, де неминуче матимемо справу з неоднорідністю ґрунту і прагнутимемо паралізувати його вплив іншими засобами (многократне повторення одноіменних ділянок).

Відповідно до цього і завдання, розв'язувані тим і другим методом, нетотожні; вегетаційний метод дає змогу краще ізолювати окремі фактори та вивчати їх вплив при більшій сталості і певності решти умов. Польовий дослід, навпаки, краще дозволяє зробити облік сумарного ефекту, кінцеву рівнодіючу, умов, що здійснюються на даному полі, в даний рік, при даних умовах господарства.

Так, вегетаційні досліді дають змогу краще вивчити рослину щодо її вимоги до різних добрив при найкращих умовах, її здатність використати поживні речовини ґрунту і добрива, точніше порівняти різні добрива між собою: зробити облік впливу різних ступенів вологості на рослини в зв'язку з діянням добрив; порівнюючи піскові культури з ґрунтовими, урахувати роль ґрунту. Але, щоб розв'язати питання про розміри діяння добрив і про оплату добрив у господарстві, треба вдаватися до польових дослідів, бо для виробництва важливо знати розміри діяння добрив при

реальних умовах: звичайний вологості, звичайній будові ґрунту, наявності комах та іншого лиха, а не при оптимальних умовах, що на ділі не існують.

Характерний приклад впливу застосування вегетаційного методу до розв'язання агрохімічних проблем ми маємо в історії фосфоритного питання у нас: після того, як А. Н. Енгельгардт у 80-х роках довів польовими дослідями, що фосфоритна мука може правити за добриво для озимого жита, було проведено чимало подібних дослідів у різних місцевостях, але з різними результатами, і в поясненні причин думки не збігалися. Одні думали, що в чорноземній смузі діяння фосфориту послаблюється через недостатність вологи (І. А. Стебут), інші ставили питання про вплив ґрунту, а через те, що досліді ставилося з різними рослинами, то й цей фактор міг впливати, і розібратися в цьому матеріалі було неможливо¹.

В цей час (1896 р.) нам довелося почати організацію вегетаційних дослідів; це був перший випадок у нашій країні, коли теплиця потрапила до рук агронома, і звичайно, тоді, при відсутності хімічної промисловості, саме фосфорит і був першим і головним об'єктом, що нас цікавив. Вегетаційний дослід дав змогу відразу врахувати вплив ґрунту способом виключення його — в піскових культурах фосфорит був для посівів недоступний. Потім вегетаційний дослід дав змогу поставити різні ґрунти в умови однакового клімату — тоді виявилось, що при однаковій вологості підзоли розкладали фосфорит, а чорнозем не розкладав його. Отже, успіх Енгельгардта залежав від ґрунтових особливостей. Вивчаючи різні рослини, вдалося відокремити такі, що відзначаються здатністю розкладати фосфорит без допомоги ґрунту (гречка, а особливо люпин), вдалося встановити розчинний вплив фізіологічно кислих солей на фосфорит, при чому основні риси розв'язання цього питання намітилися вже в перші два-три роки дослідів².

Іноді перед вегетаційним методом ставиться питання, для відповіді на які його не призначається: так, коли хочуть дізнатися про потребу того чи того ґрунту на добриво, то немає підстав сподіватися, щоб вегетаційний метод завжди міг замінити польовий дослід, бо поряд загального підвищення потреби на поживні речовини при досліді у посудинах (у наслідок довшішого розвитку рослин) неможливо припустити, щоб нагромадження поживних речовин у засвоюваній формі було так само підвищеним в однаковій мірі для кожного з них

¹ До виставки 1895 р. Московським товариством сільського господарства було замовлене погубернське зведення всіх дослідів з фосфоритами. Зведення це в сумі дало вельми солідний том, але коли було запропоновано скласти загальний висновок про умову діяння фосфоритної муки, то автори опинилися в скрутному стані і певних висновків не дійшли.

² При цьому треба відзначити, що тоді (1896 — 1898 рр.) не було ні дослідної станції при кафедрі, ні особливих коштів на справу дослідження навіть не було ще й аспірантів (виконавцями робіт були студенти під керівництвом професора і 2 асистентів), однак 2—3 роки вегетаційних дослідів внесли більшу ясність в це питання, ніж майже 20 років самих тільки польових дослідів.

окремо. Легко може бути, наприклад, що мінімум переміститься, тоді ґрунт, що в польовому досліді виявив потребу насамперед на одну речовину, у вегетаційному досліді може потребувати в першу чергу іншої.

Так, наприклад, у вегетаційному досліді чорноземні ґрунти, що в полі виявляють недостатність фосфору, в посудинах починають виявляти ще й недостатність азоту, при тому часто гостріше, ніж фосфору.

Так само вегетаційний метод у своїй типовій формі, як був він розроблений Вагнером, не може правити за точний засіб для визначення родючості різних типів ґрунтів, бо просіювання і змішання ґрунту звичайно неоднаково змінить властивості різних ґрунтів (очевидно, важкий глинистий ґрунт більше виграє від цих операцій, ніж пісковий). Якщо ж виключити операцію змішення (вирізати цілі циліндри), то це значить викинути основну рису Вагнерового методу, що гарантує однорідність ґрунту в різних посудинах. Тоді доведеться шукати, чим замінити цю гарантію. Очевидно, доведеться звернутися до того самого засобу, як у польовому досліді, тобто до значного збільшення числа ділянок (посудин) і до визначення середніх розмірів оріху, тобто втратити всі переваги і вегетаційного і водночас польового методу, бо, відриваючи орний горизонт від спіднього, ми знищуємо різниці між ґрунтами по глибині, тим то чорноземні ґрунти завжди програють, коли вони вміщені в посудину тої самої висоти, яка зовсім не розрахована на глибину чорнозему, але відповідає глибині підзолистих ґрунтів.

Зупинімося коротенько на самій техніці постановки вегетаційних дослідів¹.

Посудини для дослідів найчастіше береться цинкові і скляні. Скляні цінні своєю прозорістю, значною стійкістю (в розумінні опору роз'їдаючому діянню розчинів солей); крім того, вони дешеві, якщо йдеться про посудини невеликих розмірів. Але вартість скляних посудин швидко зростає при збільшенні діаметра, отже при діаметрі в 20—25 см цинкові посудини стають вже вигіднішими. Зате їх непрозорість заважає стежити безпосередньо за розвитком коренів та станом вологості в посудині; крім того можливі порушення живлення (при фізіологічно кислих солях) через недостатню стійкість самого цинку. Щоб уникнути роз'їдання та утворення шкідливих для рослин солей цинку, в середині доводиться покривати стінки посудин особливим лаком (або смолою)².

¹ Докладно див. у II томі звітів СПб с. г. лабораторії („Описание метода“) стаття Коссовіча. Принята у нас техніка була описана Недокучаєвим „Vegetationнний метод в агрономії“ в „Известиях с. х. института“, 1902 р. Див. також статтю „Vegetationннные опыты“ в енциклопедії Деврієна, написану Ф р а н к ф у р т о м, статті Dafert Mitscherlich в Zandw jährbücher 1903 Zemmermann — в Journal für Landwirtschaft Bond 51 та 53. Гедройца), „К методике vegetationннных опытов“ в 6 вип. „Трудов СБП с. г. лабораторії“ та ін.) та пізнішу книгу Pfeifer „Der Vegetationsversuch“.

² Є ще дешевий матеріал для виготовлення посудин, яким, здається, можна б частіше користуватися, ніж досі, — це листове залізо. Зокрема авторові довелося провести в 1891 р. перші вегетаційні досліді в сільській обстановці (господарство Гардениних, Воронізьк. губ.), вирощуючи рослини (хліба і буряк) у звичайних залізних відрах (їх також краще покривати з середини олифой, лаком або парафіном, якщо бажать уникнути впливу іржі, наприклад, на розчинні фосфати).

Розмір посудин залежить від роду культур; так, для злаків при піскових культурах придатні вже посудини 15 x 25 або 15 x 30 см. місткістю 4—6 кг піску. Але для ґрунтових культур, де різниці не такі різкі і де бажано мати точніший облік, треба, щоб діаметр посудин був більший ніж 15 см, щоб мати можливість вмістити більше число рослин на посудину. Зрозуміло, що для картоплі, буряка та подібних рослин, потрібні посудини більшого діаметра і більшої висоти. Тут можуть бути придатними глиняні посудини, вкриті кислототривкою глазур'ю, особливо якщо потрібна значна висота; в таких посудинах близько 70 см висоти провадив свої досліди з буряком Гельрїгел.

Для захисту посудин від нагрівання або фарбують їх зовні білою фарбою (цинкові посудини), абож надягають на них рухомі картонні чохла (скляні посудини).

На дні посудин звичайно утворюється своєрідний дренаж, куди могла б стікати зайвша вода при поливанні зверху, або де міг би зосереджуватися певний запас води до надходження її в ґрунт (при поливанні знизу). Цього досягають або насапуючи до одного боку посудини (гіркую) гравій, куди встроюються кінець трубки для поливання (рис. 40), або вводять цинковий жолоб, повернений униз (Вагнер), абож, як це практикується у нас (з 1897 р. за пропозицією В. В. Вінаєра, що тоді був асистентом при кафедрі), створюючи кільцюватий простір введеним півконусів¹.

Середовищем для культур є або ґрунт, або пісок, або розчини потрібних солей безпосередньо в дистильованій воді.

ґрунт перед наповненням посудин посиюється і пильно перемішується. Щоб знати кількість сухого ґрунту в посудинах і доливати воду за вагою, можна або приводити весь ґрунт в повітряно сухий стан, абож не доводячи до такого стану (в інтересах сприятливішої будови, щоб уникнути небажаних явищ при змочуванні пересушеного ґрунту), визначати вологість ґрунту (відбираючи поступовно середню пробу водночас з поступінним наповненням посудин). ґрунт повинен бути до певної міри ущільненим (інакше він осідає при поливанні), але не занадто, в усякому разі рівномірно, в усіх посудинах.

Пісок можна приготувати промиванням кислотами та (для деяких потреб) прожарюванням. У нас промивають значні маси міцною соляною кислотою, потім простою водою до зникнення кислої реакції і дистильованою — до зникання реакції на хлор.

Не зважаючи на первісну уявну чистоту піску (що створюється з кварциту способом роздрібнення) промивання дуже позначається на усуненні P_2O_5 та K_2O . Без промивання крайні рослини виявляють помітно більший ріст, ніж після промивання (якщо це рослини типу гречки та люпини, тобто такі, що мають велику засвійність).

Прожарювання набагато трудніше, ніж промивання, — воно потрібне лише в спеціальних дослідах над азотистим живленням при невеликих кількостях застосованого піску; для дослідів з фосфатами та калійними мінералами воно не потрібне.

Крім хемічного складу, має значення розмір часточок піску. При занадто великому розмірі пісок не пропускає вологи на достатню висоту, при занадто дрібному він сливається і не забезпечує допливу повітря до коренів.

Крім хемічного складу, має значення розмір часточок піску. При занадто великому розмірі пісок не пропускає вологи на достатню висоту, при занадто дрібному він сливається і не забезпечує допливу повітря до коренів.



Рис. 40

¹ Такі півконуси спочатку робилося мідні (полуджені), що дорого коштувало; потім ми пробували були роботи скляні, але вони були не дешеві і ламкі і тепер ми спинилися на фарфорових, що при значній правильності і чистоті коштують утрое дешевше від мідних.

Солі зручно мати розчиненими окремо, в міцніших розчинах (1%), і лише при змішуванні з піском (перед наповненням посудин) відмірені об'єми розчинів солей; так, Гельрігелєв користувався в своїх дослідах такими нормами: на 1 кг піску береться 1 еквів. KH_2PO_4 (0,136 г), 3 еквів. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (0,492 г), 0,5 еквів. MgSO_4 (0,060 г), 1 еквів. KCl (0,075 г) та (0,025 г) FeCl_3 або FePO_4 . Такий розрахунок стосується безводних солей¹ (на ділі ж доводиться враховувати ще кристалізаційну воду).

Такі форми зручні при посудинах в 4—5 кг. Але якщо вага піску зростає при тому самому числі рослин (при збільшенні висоти посудини), то для злакових кількість солей можна зменшити.

І навпаки — для вибагливих рослин (наприклад, капуста такої кількості солей недосить. Доводиться або додавати солі під час росту або брати більші посудини. Кінець-кінцем найбільш вірним масштабом повинна бути висота врожаю та його склад.

Для посіву беруть чистосортне насіння по змозі однакового розміру, намочують його і навіть звичайно доводять до початку проростання, щоб не вести жодної несхожої насінини і мати можливість краще відібрати однакове насіння.

Але, якщо висівають разів удвоє більше насіння, ніж потрібно рослин (щоб потім розрідити до потрібного числа), то пророщування не завжди практикується.

Щодо густоти посіву, то часто вважають за норму 2 рослини (хлібні злаки на 1 кг. піску. Злаки можуть кушніням надолужувати рідке стояння при сприятливих умовах живлення. Розподіл насіння при посіві повинен бути рівномірним, для чого користуються шаблонами з отворами (шаблони можуть бути з картону, дерева, металу).

Посудини з рослинами ставлять звичайно на вагонетки, які при поганій погоді і на ніч засовують під скляні навіси, за якими, якщо вони мають стінки, встановилася нехарактерна назва „теплиць“, оранжерей; нехарактерні ці назви тому, що в цих неопалюваних спорудах (вегетаційних хатках) доводиться дбати не про тепло, а про світло; а зайвим теплом від сонячного нагріву доводиться боротися способом вентилявання. Тим то назва „світлиця“, запропонована Яновичком, краще відбивала б суть завдань, що їх має на меті будова такого виду оранжерей, ніж слова „теплиця“.

Якщо рейки теплиці положені із сходу на азхід, то вагонетці зручно надавати, згідно з пропозицією. проф. Коссовіча, вигляду немов би двох шаблів драбини, поверненої на південь, щоб рослини в посудинах, повернених до півдня, не затемнювали рослини, північної (підвищено) половини вагонетки.

Поливання в посудах зручно регулюється за вагою, при чому доводять щодня вологість до 50-60% від найбільшої вологостемності ґрунту або піску (за С. М. Богдановим розрахунок вологості роблять трохи інакше: виключається „мертвий запас“ вологи; від решти вологи, що міститься при найбільшій вологостемності береться 50%).

Крім поливання за вагою, можна поливати з доведенням до сталого рівня, якщо застосовується описаний попередю півконус. З першого погляду здається, що поливання за вагою є способом давати рослинам певну кількість води, тоді як насправді поливання дає змогу, поперше уникнути зайвину води при поливанні, і подруге, зробити облік кількості використаної рослинами води. Щодо розмірів використання, то це залежить від енергії розвитку рослин, бо чим більше рослини понизить вологість ґрунту до норми, тим більше ми дамо їй води при дальшому поливанні, доливаючи за вагою до норми; отже, і цей спосіб, як і поливання за рівнем, по суті наближається до постачання рослин воді в міру потреби (відмінно від умов польової культури, де рослини дістають однакові кількості води на різних ділянках).

¹ Гельрігелєва суміш (як і близький до неї Кнопівський розчин) дають добрі результати при дослідах з злаками. Для інших рослин у нас незрідка були кращі результати при введених замість $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ комбінації $\text{CaHPO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$. Однак NH_4NO_3 неможливо використати як джерело азоту при дослідах над порівнянням фосфатів, бо він є для них розчинником, отже, вирінове різницю між ними. Про нормальні суміші див. праці Арнольда, Столяне, Якушка і Цинцадзе в наших звітах про вегетаційні досліди (наш огляд Soil science, 1926 р. та в додатку до XIV звіту про вегетаційні досліди).

Звичайно поливають ґрунту, але рекомендують іноді поливати й зверху, щоб уникнути скупчення солей біля поверхні.

Крім поливниці, догляд полягає в проріджуванні, підтримуванні рослин (дротяні каркаси, скляні палички).

При збиранні зрізають рослини звичайно біля поверхні ґрунту, просушують, запобігаючи втратам (в пакуночках з паперу), потім зважуванням визначають загальний урожай. Зерна зважують після обмолоту, вагу соломи та полови визначають за різницею. Якщо треба, то кореневу систему також промивають під водяною струміною, висушують та зважують.

Зразкові форми бланків для записів урожаїв прикладені до згаданої попередньої статті Коссовіча і підручника Недокучаєва. Щодо обробки даних і виведення середніх тут зберігає силу більша частина сказаного раніше з приводу даних польового досліду.

ЗБЕРІГАННЯ ДОБРІВ

1. ВЛАСТИВОСТІ ДОБРІВ, ЩО НА НИХ ТРЕБА ЗВАЖАТИ ПРИ ЗБЕРІГАННІ

В практиці застосування добрив частенько доводиться мати справу з їх зберіганням протягом того чи іншого проміжку часу до моменту внесення добрив у ґрунт. Вказівки щодо зберігання добрив на відкритому повітрі або в приміщеннях, висота куп при зберіганні насипом або висота штабелів при зберіганні в тарі залежить від властивостей добрив. Зберігання добрив у невідповідних умовах може призвести або до часткової втрати поживних речовин у них, або до втрати поживної якості, або, що найчастіше буває при поганому зберіганні, дуже погіршується здатність добрив до розсіювання. При зберіганні добрив мають практичне значення такі властивості:

1. Об'ємна вага та об'єм одиниці ваги.
2. Гігроскопічність та вологість.
3. Злежуваність.
4. Розсіюваність.
5. Кислотність та
6. Специфічні властивості окремих добрив, що потребують особливих запобіжних заходів як при їх зберіганні, так і при розсіюванні.

1. Об'ємна вага та об'єм одиниці ваги. Ці властивості добрив мають значення при зберіганні і змішуванні. Маючи дані про об'єм одиниці ваги, можна точніше визначити розмір площі для зберігання добрив на складах, у сараях і т. д., а також можна точніше розрахувати затрату часу на роботу при виготовленні сумішей. В таблиці 1 наведено дані про об'ємну вагу і про об'єм одиниці ваги найпоширеніших добрив. Для зручності перерахунку з кількості поживних речовин у добривах на їх дійсну вагу та на їх об'єм, у цій таблиці наведено середній зміст N, P₂O₅ та K₂O в тому чи іншому добриві.

Дальший приклад ілюструє значення таблиці 1.

Господарство одержує 50 т суперфосфату і 100 т томашлаку. Обидва добрива повинні бути збережені насипом до внесення в поле протягом 1—2 місяця. Треба розрахувати площу підлоги приміщення, де буде складено суперфосфат і томашлак, що повинні зберігатися окремо один від одного. Оскільки суперфосфат повинен зберігатися залежно від його вологості в купах заввишки від 1,25 до 1,75 м, то, отже, маємо: $50 \times 1,02 \text{ м}^3 = 51 \text{ м}^3$ об'єм кількості суперфосфату, приготованого з фосфориту. При вологості 17—18% його можна насипати не вище 1,5 м, отже, для зберігання його повинна бути підготована в

закритому приміщенні площа не менш 34 кв. м (51 : 1,5). Для томасшлаку, що має високу об'ємну вагу, а значить, понижений об'єм тонни та, як для добрива зовсім не гігроскопічного і мало злежуваного, висота купи може бути доведена до 2—3 м; отже, для 100 т томасшлаку треба підготувати площадку тільки близько 20 кв. м (100 × 0,5 : 2,5).

2. На умови зберігання добрив дуже впливає вміст у них вологи. Добрива з підвищеним вмістом вологи більше злежуються, ніж відносно сухі добрива.

Ступінь і швидкість вбирання вологи тим чи іншим добривом залежить від товщини шару добрива, від природної вологості навколишнього повітря, а для ряду добрив на вбирання вологи значно впливає зміна температури повітря.

На ступінь і швидкість вбирання добривами вологи з повітря найбільше впливає їх гігроскопічність. У переважній більшості випадків гігроскопічність добрива тим вища, чим нижчою є пружність водяної пари, яка міститься в ньому, рівняючи з пружністю водяної пари (відносна вологість) навколишнього повітря з підвищенням температури навколишнього повітря звичайно зменшується гігроскопічність добрив, бо з підвищенням температури найчастіше зменшується відносна вологість повітря.

Уявлення про відносну гігроскопічність розчинних добрив дають наведені далі дані (див. табл. 2) про швидкість вбирання вологи з повітря при температурі, рівній 21°, при тиску 744,4 мм і при відносній вологості повітря—100%. Ці дані стосуються шару добрива товщиною в 1,5—2 см. При більшій товщині шару вбирання вологи відбуватиметься повільніше.

Таблиця 1

Об'ємна вага і об'єм тонни добрив

Добриво	Вага 1 куб. м в тоннах	Об'єм 1 т добрив	Середній вміст (в %)		
			P ₂ O ₅	K ₂ O	N
Фосфоритна мука в Вятського та Єгор'євського фосфоритів . . .	1,62—1,68	0,62—0,59	Близько 20	—	—
Суперфосфат з фосфору	0,98	1,02	14—16	—	—
Суперфосфат с апатитового концентрату	1,02—1,08	0,98—0,93	18	—	—
Суперфосфат подвійний	0,87	1,15	33—35	—	—
Преципітат	0,86—0,87	1,16—1,15	30—35	—	—
Томасшлак	2,01—2,05	0,5 —0,49	16	—	—
Кістяна мука сира	0,86	1,12	16—23	—	2,6
Амоній-сульфат	0,89	1,12	—	—	20—5
Аміачна селітра	0,81	1,23	—	—	35
Члійська селітра (натрійна)	1,38	0,72	—	—	16
	1,06	0,94	—	—	16
Норвезька селітра	0,91—1,13	1,1 —0,88	—	—	13
Амоній-хлорид	0,58	1,72	—	—	24
Кальцій-ціанамід	0,60—0,61	1,67—1,64	—	—	20—22

Добриво	Вага 1 куб. м в тоннах	Об'єм 1 т добрива	Середній вміст (в %)		
			P ₂ O ₅	K ₂ O	N
Лейна-селітра та мон- тан-селітра	0,87	1,15	—	—	27
	1,0	1,0	—	—	27
Сильвініт солікамський	1,07—1,1	0,94—0,91	—	14	—
Карналіт солікамський	0,9	1,11	—	9—12	—
Калійні солі	0,94—1,18	1,06—0,8	—	50 до 80	—
Технічний калій-хлорид	0,94	1,13	—	Вище 55	—
Калій-сульфат	1,3	0,77	—	—	—
Амонізовані прості су- перфосфати	0,965	1,035	16—18	—	2—6
Калійний суперфосфат	0,87—0,97	1,15—1,03	—	—	—
Калій-нітрат	0,97	1,03	—	39	14
Потазот	0,75—0,8	Близько 1,0	—	24	12
Кров'яна мука	0,49	2,04	1—1,5	—	12
Рибна "	0,5	2,0	54—15	—	7—9
Мука з бавовникового насіяння	0,6	1,67	1—1,5	—	6
Гіпс	0,75	1,0	—	—	—
Вапняна мука	1,04	0,98	—	—	—

Таблиця 2

Відносна гігроскопічність деяких добрив

Добриво	Число днів зберігання	1	2	3	4	8	9	12	19	26
		Дано відносну вагу, беручи за 100% вихідну								
Калійна селітра		100	100	100	100	100	100	100	100	100
Натрійна "		100	100,7	102	103,3	106,6	107,8	110,6	112,6	124,1
Калій-хлорид		101,9	102	102,1	102,2	102,3	102,5	—	106,9	136,9
Амоній-хлорид		100,8	103	104,3	105,6	107,7	108,2	116,5	121,6	159,2
Амоній-сульфат		100,7	101,4	102,1	105,7	115,5	115,3	—	138,6	183,5
Амоній-нітрат (аміачна се- літра)		102,5	103,6	106,5	110,8	120,4	122,4	130,2	163,0	178
Натрій-хлорид		104,5	106,4	109,3	113,4	121,2	123,0	169	209,9	243,2
Карналіт		107,0	111,7	—	—	—	—	170,8	205,8	242,4

Найбільшою гігроскопічністю відзначається карналіт та амоній-нітрат. В одному ряді з ними стоять такі добрива (не наведені в таблиці), як норвезька салітра і карбамід. Завдяки тому, що сильвініт містить багато натрій-хлориду, він щодо гігроскопічності стоїть вище від калій-хлориду або 40% калійної солі. Вважаючи на те, що вбирання вологи всіма добривами залежить від відносної вологості навколишнього повітря, то, регулюючи при зберіганні добрив вологість повітря в приміщенні, можна уникнути зайвнього вбирання добривами вологи. При відносній вологості повітря, що дорівнює 82—84%, амоній-нітрат зовсім не вбирає води, а суперфосфат при 84% відносної вологості та при температурі 18—20° втрачає вологу, що в ньому міститься.

Зберігаючи цінні нітратні добрива в опалюваному приміщенні, можна регулювати відносну вологість повітря та уникнути злежування таких добрив, як амоній-нітрат, карбамід і норвезька селітра.

В спеціально побудованих складах для добрив або в пристосованих для зберігання добрив приміщеннях, вживаючи нескладних запобіжних заходів (провітрювання в суху теплу погоду, нагляд за тим, щоб щільно причинялися двері та вікна у вогуку погоду), можна уникнути зайвинного вбирання вологи гігроскопічними добривами і навіть підсушити їх.

3. Злежуваність добрив зв'язана з їх здатністю грудкуватися та з їх здатністю створювати тверді маси. На здатність утворювати великі грудки або суцільні злиті маси дуже впливає вміст вологи в добриві і тиск.

Наприклад, суперфосфат з нормальним вмістом вологи в купах до 1,75 м не злежується або слабо злежується, а суперфосфат з 18—20% вологи і більше злежуватиметься в купах заввишки в 1,5 м і нижчих.

Негігроскопічні добрива (наприклад, томашлак, кістяна мука біла) при нормальних умовах зберігання не злежуються.

Про здатність добрив злежуватися складають уявлення з ступення їх опору тому чи іншому тискові на одиницю площі при певній висоті приготованого з добрива стовбчика: чим менша здатність добрив злежуватися, тим менший опір виявляє стовбчик добрива накладуваному на нього зверху вантажу. У зведеній таблиці 4 дано відносну злежуваність окремих добрив за чотиріступеневою оцінкою: не злежується, мало злежується, злежується і дуже злежується.

Здатність добрив утворювати суцільні тверді маси при зберіганні зв'язана головню з хемічними реакціями, що відбуваються при дотиканні добрив з іншими, про що трохи докладніше буде сказано в розділі про змішування штучних добрив.

4. Розсіюваність добрив, маючи на увазі головню розсіювання сіялками, залежить від розміру часточок (зерен), від в'язкості, питомої ваги, вологості самих добрив та від вологості і температури навколишнього повітря.

Зерниста або дрібногрудкувата структура добрива, підвищена питома вага та сухість продукту є чинниками, сприятливими для розсіюваності добрив.

Вологість добрив є вельми важливим фактором, що впливає на їх розсіюваність. Для гігроскопічних добрив, що можуть швидко вбирати підвищену кількість вологи, значно впливають відносна вологість і температура навколишнього повітря. Наприклад, суперфосфат з нормальним вмістом вологи при відносній вологості повітря, що дорівнює 40%, занадто пилить, а при відносній вологості в 90% може мазатися; найкраще він просіюється при 70—80% відносної вологості. Амоній-нітрат та амоній-сульфат добре просіюються при вологості до 70%. Норвезька селітра при вологості повітря в 60% добре просіюється при температурі 10° і погано при 20°.

Взагалі понижена температура сприяє більшій швидкості просіювання добрив.

Для мало гігроскопічних добрив (фосфоритна мука, томасшлак, рибна мука тощо) вологість повітря не має великого значення.

Розмір часточок добрива впливає на їх просіюваність. Це особливо стосується гігроскопічних добрив, бо дрібні часточки, маючи більшу питому поверхню, швидше вбирають вологу з навколишнього повітря, ніж великі. При відносно невеликій питомій вазі і при дуже дрібних часточках деякі добрива (некрystalічні) дуже пилять, що утруднює їх розсівання. Для поліпшення розсіюваності вологих та гігроскопічних добрив рекомендують змішувати їх з торф'яним порошком або з дуже пилюкми добривами, що звичайно зовсім не гігроскопічні, наприклад, сильвініт з кістяною мукою або ціанамідом, або преципітатом.

Не тільки розмір, а й форма зерен та часточок добрива впливають на їх просіюваність: кристалічні часточки просіюються значно повільніше, ніж сферичні, тому грануляція гігроскопічних кристалічних добрив сприяє їх кращій просіюваності. Наприклад, в одному досліді було встановлено, що кристалічний карбамід утворює повільніше просіювався, ніж карбамід, гранульований у сферичні часточки.

Завжди треба мати на увазі (особливо при постановці дослідів з добривами на відносно великих площах), що при недосить старанному перемішуванні добрив у наслідок їх різної питомої ваги та різної просіюваності завдане на початку співвідношення між N , P_2O_5 та K_2O може значно змінитися в середині і під кінець спорожнення ящика тукової сіялки. Так, в одному досліді при завданому на початку співвідношенні між $NH_4:P_2O_5:K_2O = 8:12:20$ перші фракції давали співвідношення $= 7:8:21$, а останні $= 10:11:13$. Уникнути цього небажаного (особливо при постановці дослідів) явища можна лише тим, щоб добрива були не тільки добре змішані, а й щоб при розсіюванні вони неперервно перемішувалися в ящику тукової сіялки особливими пристроями: крім того, треба весь час підтримувати більш-менш однакове засипання суміші добрив у ящику.

Розмір часточок добрива визначається з допомогою набору сит. Для цього беруть наважку добрива (звичайно береться дві-три наважки) в 200 г і кладуть у систему розміщених одне на одному сит, що мають різний розмір петель. Залишок на верхньому ситі характеризує кількість часточок з діаметром більшим, ніж діаметр прозору петлі сита, і зрозуміло, що часточки, які пройшли крізь те чи те сито, будуть дрібнішими, ніж розмір (діаметр) петель цього сита.

В наведеній далі таблиці дано дві системи сит: одно німецька DIN¹, друга — англо-американська (Тейлора), а для деяких номерів наведено для порівняння з системою Тейлора стару російську систему сит, що її подекуди покищо застосовується.

¹ Deutschen Industrie Normenasschuss.

№ сит за системою (число петель на погонну міру)		Прозір петлі діаметр (у мм)		Діаметр дроту за системою	Примітка
DiN	Тейлора	за DiN	за Тей- лором	DiN	
4	4	1,5	4,699	1,0	Рівняючи з Тейлором, стара російська система теж № 16
6	6	1,02	3,227	0,65	
8	—	0,75	—	0,5	
10	10	0,6	1,651	0,4	
—	16	—	0,991	—	
20	20	0,3	0,833	0,2	Російська № 50 замість № 35 за Тейлором
24	24	0,25	0,701	0,17	
30	35	0,20	0,417	0,13	
40	42	0,150	0,351	0,1	
—	48	—	0,295	—	
—	60	—	0,246	—	Російська № 100 замість № 80 за Тейлором
70	65	0,088	0,208	0,055	
—	80	—	0,175	—	
100	100	0,060	0,147	—	
—	150	—	0,104	—	
—	200	—	0,074	—	
—	400	—	0,04	—	

5. Кислотність добрив стосується виключно суперфосфатів (простих і подвійних) та почасти амоній-сульфату. Тут мається на увазі вільна кислотність у добривах: зокрема в суперфосфатах ця кислотність зумовлена вільною фосфорною кислотою і частково сірчаною, а в амоній-сульфаті та амоній-хлориді — вільною сірчаною та соляною кислотами. Вільна фосфорна та сірчана кислота з суперфосфатів добувається с ацетоном і визначається титруванням лугом з метил-оранжем та фенолфталеїном як індикаторами. Вільну сірчану або соляну кислоту в амоній-сульфаті та амоній-хлориді легко визначається розчиненням певної наважки цих добрив у воді при подальшому титруванні лугом з метил-оранжем як індикатором.

Стандарт передбачає, крайній вміст вільної кислотності і в суперфосфатах і в амоній-сульфаті. Вільна кислотність суперфосфатів та амоній-сульфату є причиною гігроскопічності суперфосфатів і дуже підвищує гігроскопічність амоній-сульфату завдяки загальновідомій властивості вільних фосфорно та сірчаної кислот жадібно вбирати вологу з повітря, а підвищений вміст води, як уже відзначалося раніше, понижує здатність до розсіювання як суперфосфатів, так і амоній-сульфату, підвищуючи водночас здатність їх злежуватися. Крім того, вільна кислотність є несприятливою властивістю при перевозі і зберіганні добрив, руйнуючи транспортну апаратуру, роз'їдаючи підлоги приміщень для зберігання, руйнуючи сіялки і утруднюючи роботу при змішуванні та розсіюванні.

6. Із специфічних властивостей добрив крім того, що в них міститься вільна кислотність і що вони здатні пилити (преципітат, біла кістяна мука, кальцій-ціанамід, занадто сухий

суперфосфат), треба відзначити здатність деяких добрив вибухати і дуже розігріватися при змочуванні, в результаті чого може статися пожежа.

Останні дві властивості і досить рідкі будуть відзначені в примітці до окремих добрив у зведеній таблиці про властивості добрив (див. табл. 4).

У таблиці 4 наведено найважливіші властивості добрив (крім питомої ваги та ваги об'єму добрив, див. у табл. 1), а саме:

- 1) колір та зовнішній вигляд,
- 2) спрощені способи для розпізнавання добрив,
- 3) гігроскопічність,
- 4) розсіюваність,
- 5) злежуваність,
- 6) середня вологість,
- 7) особливі властивості.

2. СКЛАДИ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ДОБРИВ

У системі постачання сільському господарству мінеральних добрив передбачається будівництво складів трьох типів:

- 1) перевалочні склади, місткістю на 3—5—10 тис. т;
- 2) пристанційні склади, місткістю на 500—1000 т;
- 3) внутрігосподарські склади, місткістю на 300—500 т.

Практика будування складів для зберігання добрив за кордоном підкреслює такі найважливіші вимоги: поперше, використання як будівельного матеріалу цегли або буту з бетонним личкуванням, при чому дуже важить покривати стіни приміщення щороку змінюваним асфальтовим пофарбовуванням, що не піддається діянню солей та кислот, або ж обшивати стіни дошками. Річ у тім, що багато з добрив, зберезувані насипом, дотикаючись з кам'яною стіною, можуть дуже швидко зіпсуватися в розумінні втрати своєї структури, втрачаючи таким чином здатність добре лежати та здатність розсіюватися. Крім того, раз зачеплена роз'їданням кам'яна стіна або бетонна підлога швидко далі руйнуватиметься солями, що проникають углиб стіни або підлоги; подруге, треба будувати приміщення так, щоб уздовж в ньому міг вільно проїхати вантажний автомобіль або великий віз.

Це роблять для зручності вантаження й вивантаження приміщення; цей прохід може бути також використано (звичайно в середині сараю) для змішування добрив або для роздрібнення злежаних добрив; потрете, для зберігання добрив з обох боків приміщення розміщається скрині, відокремлені одна від одної кам'яною або дерев'яною перегородкою, для запобігання змішуванню добрив; від середнього проходу скрині відокремлюються вийманими дошками; почетверте, приміщення повинне бути рівномірне й добре освітлене; придатнішим є верхнє освітлення, ніж бічне, від вікон у стінах, бо при верхньому освітленні (ліхтарями) утворюється рівномірніша температура в усьому примі-

щенні, і нарешті, поп'яте, всі вікна та двері повинні щільно причинятися, щоб по змозі не проходила в приміщення вогкість з повітря.

В наших умовах будівельним матеріалом для складів під добрива найчастіше буде дерево. Дерев'яні стіни цих складів повинні бути добре проконопачені, а дерев'яні підлоги повинні мати добрий пазовий притіс, щоб усунути можливість проси-пання добрив крізь щілини та усунути дотикання з землею збе-режуваних добрив, інакше бо може встановитися капілярне підняття вологи з ґрунту, і тоді спідні шари багатьох добрив злежуватимуться. Дерев'яну підлогу треба класти на досить товсті колоди, щоб відстань між помостом і землею була не менш 20—30 см; в такому разі усувається можливість сполучення добрива з землею.

При зберіганні добрив на складах треба додержуватися таких, загальних для всіх добрив, правил:

1. В суху, теплу погоду відкривати вдень всі двері та вікна, щоб змінити повітря.

2. У вогку дощову погоду приміщення повинне бути щільно закрите і тільки в випадку крайньої потреби слід відкривати двері тільки з одного боку.

3. Зимової пори або взагалі при значних змінах температури слід також уникати розчиняти двері з обох боків, бо тоді, якщо тукова маса має нижчу температуру, ніж температура навко-лишнього повітря, на поверхні добрив може відбуватися в тому чи іншому розмірі конденсація водяної пари, що вбирається гігроскопічними добривами.

Ряд добрив не втрачає свого удобрювального значення від полум'я та високої температури; до таких добрив належать: томасшлак, термофосфат, калій-ціанамід, фосфоритна мука та вапняна мука (остання навіть виграє). Преципітат і суперфосфат (не амонізовані) під впливом високої температури втрачають вологу і переходять у більш не розчинні солі кальцію, а іноді можуть дати і пірофосфати. Калійним добривам мало шкодить вогонь, вони тільки дещо спресовуються, що спричиняється до додаткової роботи над роздрібнюванням їх, вогонь та висока температура шкодять добривам, що містять аміак; добрива, які містять нітратний азот (натрійна, калійна та норвезька селітри), на сильному жарі виділяють кисень, топляться і перетворюються на нітріти. Нітріти легко вбирають воду, спікаються і погано розподіляються по полю, а, крім того, як відомо з курсу загальної агрохемії, цінність нітрітів як добрива нижча, ніж нітратів. Якщо в нагріті селітряні добрива потрапить тліюче вугілля, то селітра розкладається до утворення карбонатного натрію, калію або кальцію з одночасною втратою азоту. Аміачна селітра розкла-дається сильніше, ніж інші селітри. Органічні добрива — рогова мука, кров'яна мука, гуано та інші — можуть бути вогнем запале-ні і навіть спалені. В обох випадках псується азотиста речо-вина органічних добрив. Кістяна мука як джерело P_2O_5 мало псується від огню.

Добриво	Колір та зовнішній вигляд	Спрощені способи розпізнавання	Гігроскопічність
Фосфоритна мука	Сухий, злегка пилкий, тонкий порошок, колір сірий, жовтуватий, буруватий, іноді інші	Відмінно від томасшлаку, що іноді має сірий колір, не залишає чорного кольору на пальцях, рН у воді 6,0—6,8	Не гігроскопічна
Суперфосфат простий	М'який, великозернистий, колір від білого до світлосірого; трохи в'язкий, легко створює грудки.	Звичайно має характерний запах кислоти; рН в воді кисла на метил-оранж, більш точно від 2,5 до 3,0 рН	Слабо гігроскопічний
Суперфосфат подвійний і потрійний	Те саме, що й простий	Те саме, що й простий; рН від 2,5 до 3,5	Те саме
Преципітат	Легкий, пилкий, тонкий порошок білого кольору або іноді трохи забрудненого	Швидше осідає в воді, ніж кістяна мука; рН у воді 6,5—6,8	Не гігроскопічний
Кістяна мука біла	Те саме	Відмінно від преципітату на гліючому вугіллі дає запах кістки	Не гігроскопічна
Томасшлак	Важкий порошок звичайно темносір. кольору	Відмінно від фосфорної муки при розтиранні між пальцями залишає чорний колір, рН у воді вище 8,0	Те саме
Амоній-сульфат	Кристалічн. тонкий порошок білого або сіруватого кольору	При додаванні до розчину лугу (напр., золи) дає запах аміаку при підігріванні, крім того проба на барій	Слабо гігроскопічний
Натрійна та чилійська селітра	Важкий, часто вологий, крист., прозорий великозернистий продукт, колір білий або бурувато-жовтуватий.	Дає спалах на вугіллі; на смак—їдка	Гігроскопічна

¹ Головну частину даних цієї таблиці взято з праці Н. Е. Пестова „Свой-

Розсіюваність	Злежуваність	Середня вологість (норм.)	Особливі властивості
Добра	Не злежується	До 2 ⁰ / ₀	При вологості вище 2 ⁰ / ₀ при зберіганні взимку може змерзнути, утворюючи щільні грудки, що не розсіпаються, поки не розмерзнуть.
Добра при нормальних вологості та зберіганні	Злегка злежується при нормальній вологості і значно більше при підвищеній	До 15 ⁰ / ₀	Не повинен мати вільну кислотність вище 10 ⁰ / ₀ для простого і 12 ⁰ / ₀ для подвійного. При підвищеному вмісті полуторних оксидів ретроградує.
Те саме	Те саме	Від 5 до 10 ⁰ / ₀	Те саме
Добра	Не злежується	6—15 ⁰ / ₀ залежно від сушіння	Значно пилить при розсіюванні, і пил роз'їдає слизові оболонки, слід змішувати з іншими добривами або з землею
Те саме	Те саме	Не вище 10 ⁰ / ₀	Те саме
Те саме	Те саме	До 0,5 ⁰ / ₀	Те саме
При нормальній вологості добра, при вологому зберіганні погана	Мало злежується при нормальній вологості	До 2 ⁰ / ₀	Іноді має вільну сірчату кислоту
Просіюється, але у вологому стані може розпливатися	Слабо злежується при тонкому розмелі і майже не злежується при грубому	Від 2 до 5 ⁰ / ₀	Залежно від умов зберігання вологість може значно збільшуватися

Добриво	Колір та зовнішній вигляд	Спростені способи розпізнавання	Гігроскопічність
Кальцієва або норвезька селітра	Білий продукт аморфного вигляду, складається з окремих компонентів	На вугіллі топиться, кипить, згорає, даючи білу сугу	Дуже гігроскопічна
Амоній-нітрат	Білий кристалічний продукт	Дає запах аміаку при доданні золи до розчину, при дальшому нагріванні спалахує на вугіллі	Те саме
Амоній-хлорид	Дрібнокристал. білий або жовтуватий порошок	На вугіллі дає білий дим і запах аміаку та соляної кислоти, проба на сріблхлорид	Слабо гігроскопічний
Лейна-селітра або монтан-селітра	Сіруватий дрібнокристал. продукт	Те саме, що й для амоній-сульфату та амоній-нітрату	Гігроскопічний
Кальцій-ціанамід	Темносірий тонкий, легкий порошок	При змочуванні дає запах ацетилену	Не гігроскопічний
Вапняноаміачна селітра	Зернистий продукт сіруватого кольору	Проба та сама, що й для амоній-нітрату, відмінно від останнього вся нерозчинна, має лужну реакцію	Дуже гігроскопічна
Карбамід	Білий дрібнокрист., іноді зернистий порошок	На смак злегка гірчить, даючи почуття холоду. На вугіллі легко топиться, димить, пахне аміаком, згорає	Дуже гігроскопічний
Калійна селітра	Білий кристалічний порошок	—	Зовсім не гігроскопічна
Калій-хлорид	Білий дрібнокристал. порошок	На смак гіркосолюний, проба на хлор з ляпісом	Мало гігроскопічний
Калій-сульфат	Порошковуватий дрібнокрист. продукт сіруватого кольору	На смак гіркий та їдкий, проба з барієм	Зовсім не гігроскопічний

Розсіюваність	Злежуваність	Середня вологість (норм.)	Особливі властивості
Просіюється тільки в сухому стані і при сухій погоді	Дуже злежується	До 5% з кристаліз. водою до 25%	У вологій атмосфері розтікається
Те саме	Злежується в дрібнокристал. стані і майже не злежується в гранульованому	До 5%	Те саме, може вибухати при детонації
Добре просіюється, у вологому стані - погано	Мало злежується	До 3%	—
Просіюється тільки в сухому стані та при сухій погоді	Злежується	До 7%	При сильній детонації може вибухати
Просіюється добре	Майже не злежується; у вологому приміщенні утворює грудки	Немає вологи	Дуже пилить при розсіюванні, розідаючи слизові оболонки, треба робити в рукавичках та захисних окулярах
Просіюється тільки в сухому стані	В гранульованому стані мало злежується	До 5% і вище у вологому приміщенні	Може вибухати
Просіюється тільки в сухому стані	Мало злежується	До 2%	—
Добра	Не злежується	До 1%	—
Добра в сухому стані, гірша в вологому	Злежується	До 3%	—
Добра	Майже не злежується	До 3%	—

Добриво	Колір та зовнішній вигляд	Спрощені способи розпізнавання	Гігроскопічність
Калій-магній-сульфат	Те саме	Те саме	Не гігроскопічний
30—40% калійні солі	Сіруватого кольору порошкуватий дрібнокристаліч. продукт	Те саме, що й калій-хлорид	Мало гігроскопічний
Сильвініт	Кристал. зернистий продукт розуватобурого кольору з окрем. червоними кристалами	„	Мало гігроскопічний
Карналіт	Кристаліч. продукт червоного кольору, що розпливається на повітрі	„	Дуже гігроскопічний
Амофос	Порошок сіруватого або білого кольору. В чистому вигляді кристалічний	Відмінно від діамофосу—слабо кислий	Не гігроскопічний
Діамофос	Те саме	Відмінно від амофосу—нейтральний	Злегка гігроскопічний
Аміачний суперфосфат	Порошок сірого кольору	Проба на суперфосфат та амоній-сульфат	Не гігроскопічний
Амонізований суперфосфат	Те саме	Проба на аміак та суперфосфат	Не гігроскопічний
Галійний термофосфат	Тонкий важкий порошок сірого кольору	Лужна реакція	Не гігроскопічний
Потазот	Білий або сіруватий кристаліч. порошок	Проба на амоній-хлорид	Слабо гігроскопічний
Нітрофоска	Дрібний кристал. порошок, для експорту різних кольорів	„	Мало гігроскопічний
Вапняна мука	Аморфний тонкий порошок від білого до сіруватого кольору	Характерне шипіння при додаванні кислоти	Не гігроскопічна
Палене вапно в грудках	Колір білий	Шипіння (кипіння) при додаванні води	Вбирає вологу

Розсіюваність	Злежуваність	Середня вологість (норм.)	Особливі властивості
Добра	Майже не злежується	До 3 ⁰ / ₀	—
Добра	Злежується	До 5 ⁰ / ₀	—
Добра	Злежується	До 3 ⁰ / ₀	—
Розсіюється тільки в сухому стані	Дуже злежується	До 3 ⁰ / ₀ з кристаліз. водою	Перебуваючи у вологому повітрі, розпливається
Добра	Не злежується	До 2 ⁰ / ₀	—
Добра в сухому стані	Мало злежується	До 3 ⁰ / ₀	—
Добра	Дуже злежується	5—12 ⁰ / ₀	Має вільну кислоту до 10 ⁰ / ₀ H ₃ PO ₄
Добра	Не злежується	До 10 ⁰ / ₀	—
Добра	Не злежується	Немає вологи	—
Добра, у вологому стані погана	Трохи злежується	До 3 ⁰ / ₀	—
Задовільна, але погана у вологому стані	Трохи злежується	До 5 ⁰ / ₀	—
Добра	В сухому стані злеж., у вол. (понад 2—3 ⁰ / ₀) трохи злеж.	1—5 ⁰ / ₀	—
Добра	Зберігається в грудках	0	При вбиранні вологи дуже розгрівається; не можна накривати соломною, мішками та ін. орган. речов.

Вода найбільше шкодить розчинним у ній добривам. У переважній більшості випадків доводиться вдаватися до сушіння нерозчиненої частини та підмоченої маси нерозчинних і негігроскопічних добрив з подальшим роздрібненням їх.

3. ОКРЕМІ ВИПАДКИ ЗБЕРІГАННЯ НАЙПОШИРЕНІШИХ ДОБРІВ

Суперфосфат простий не треба приймати на склад для зберігання при вологості 21—24%, якщо попередньо його не підсушити. Залежно від вмісту води висота куп при зберіганні суперфосфату може бути 1,25 до 1,75 м; остання висота купи можлива для суперфосфату з нормальним вмістом води (не вище 15%) Суперфосфат, складений в купи при нормальному вмісту води, в середньому сухому приміщенні може лежати без перелопачування 4,5 місяців. Зважаючи на кислостійкість суперфосфатів, а при втраті ними води до 10—12% і більше на їх здатність пилити, при роботі з суперфосфатами треба вживати запобіжних заходів, спрямованих до того, щоб захистити від роз'їдання відкриті частини тіла, особливо очі.

Суперфосфати не можна зберігати насипом на цементних підлогах без дощаного помосту.

Суперфосфати подвійний та потрійний зберігаються трохи краще, ніж простий суперфосфат. При нормальному вмісту води (12—15%) можна складати їх у купи заввишки 1,75—2 м. Якщо подвійні або потрійні суперфосфати одержано в мішкській тарі, то їх треба висипати, а мішки добре вимити.

Суперфосфати амонізовані зберігаються значно краще, ніж не амонізовані; їх можна насипати купами заввишки від 2 до 2,5 м та зберігати без перелопачування не менше 4—5 місяців.

Преципітат, одержаний в мішкській тарі, з неї не викидається. Мішки можна складати високими штабелями, не боючись злежування, аби тільки тара витримала тиск. При зберіганні насипом можна висоту куп доводити до 3 м. При роботі з преципітатом треба вдягати спеціальні окуляри для захисту очей, бо він пилить.

Кістяна мука біла може зберігатися навіть на добре утрамбованій глиняній площадці. Решта вказівок для кістяної муки ті самі, що й для преципітату.

Томасшлак, термофосфат та фосфоритна мука можуть зберігатися в купах заввишки до 3 м і вище. Для фосфоритної муки підлога не має особливого значення; при зберіганні ж томасшлаку і термофосфату на вогкій підлозі можуть утворюватися суцільні грудки в нижній частині купи, бо ці два добрива містять CaO , що при вбиранні води та CO_2 цементують масу. Фосфоритну муку можна зберігати на відкритому повітрі, захищаючи лише від води зсередини й зверху.

Амоній-сульфат та амоній-хлорид, одержані в мішках в гарному (не підмоченому) стані можуть зберігатися в них

до розсіювання, не псуючи мішків¹. Ці добрива в мішкській тарі можна складати високими штабелями залежно від тривкості тари. При зберіганні насипом потрібна дерев'яна підлога або дерев'яний поміст, бо цементна підлога роз'їдається. Висота куп від 2 до 3 м. Щоб уникнути вбирання вологи з повітря (особливо при різких змінах температури навколишнього повітря) рекомендують накривати зверху шаром солом. Грудки, що створюються в спідніх шарах при високих купах легко розбиваються.

Натрійну селітру звичайно зберігається насипом. При високих купах, вище від 2 м вона може перекристалізуватися на великі кристали і утворювати грудки. Зберігати слід на дерев'яному помості.

Кальцій-ціанамід, одержаний в тарі, можна в ній і зберігати, треба тільки щільніше вкладати мішки з добривом, щоб не було занадто вільної циркуляції повітря, бо тоді при вологому повітрі може утворюватися CaCO_3 , що призводить до розриву тари, до збільшення ваги добрива, отже, і до пониження процентного вмісту N та незрідка до часткової втрати азоту.

При зберіганні насипом кальцій-ціанамід можна насипати на дерев'яну і цементну підлогу; висота куп може бути доведена до 3 м; практика Німеччини рекомендує уникати зберігання кальцій-ціанаміду на внутрігосподарських складах довше, як 3 тижні.

Лейна-селітра та монтан-селітра в наслідок сильної гігроскопічності потребують особливо сухого приміщення; залежно від того, яка відносна вологість повітря переважає в даній місцевості, їх можна складати в купи, заввишки від 1,5 до 2 м. Рекомендується зверху прикривати купи добрива шаром високопроцентної калійної солі (40% і більше). Зберігати слід на дерев'яній підлозі або на дощаному помості при бетонній підлозі.

Амоній-нітрат, норвезьку селітру та карбамід зберігається тільки в тій тарі, в якій їх одержано. Всі ці добрива дуже гігроскопічні і у вологій атмосфері можуть розтікаться.

Калійні солі (40% та 50%) зберігається насипом; якщо їх одержано в тарі, то з неї їх треба висипати і мішки випрати. В середньому сухому і тим більше в сухому приміщенні можуть довго зберігатися, не дуже змінюючи своїх властивостей. Зберігати слід на дерев'яних підлогах, а при бетонній підлозі — на дощаному помості, в купах до 2—2,5 м. Зміна температури спричиняється до „потіння“ калійних солей у верхній частині купи, отже, збільшується вміст у них вологи.

Сильвініт зберігають тільки насипом. Більш чутливий до вологості та до зміни температури навколишнього повітря, ніж калійні солі, тим то треба уникати при зберіганні сильвініту куп вищих за 2 м, щоб вони не злежувалися². Як і калійні солі, зберігати треба на дерев'яній підлозі.

¹ Якщо в амоній-сульфаті та амоній-хлориді міститься вільна кислотність, то краще зберігати їх насипом.

² Грубо розмелений сильвініт не злежується в купах заввишки до 10 м.

Карналіт через високу гігроскопічність не може лежати при мінливій погоді. Треба взагалі уникати зберігання карналіту на внутрігосподарських складах скількибудь довгий час (2-3 тижні).

Вапняну муку при відсутності зайвньої вологи можна зберігати в нічмі не критих купах, заввишки до 2—2,5 м, навіть на відкритому повітрі з краю поля, що має бути вапноване. Якщо у вапняній муці, зсіпаній у купи, міститься зайва кількість вологи (понад 2—3%), то вона легко злежується, створюючи вельми щільні грудки, особливо при високих купах (вище 1,5—2 м).

Палене (грудкове) вапно рідко зберігають у закритих приміщеннях. Звичайно грудкове палене вапно зберігають (після додання до нього потрібної кількості води) на відкритому повітрі, найкраще з краю поля, що має бути вапноване. Купи можуть бути довільної довжини, з шириною основи в 2—2,5 м та при висоті до 1,5—1,75 м. Купи треба з усіх боків прикривати шаром землі в 25—35 см і стежити за тим, щоб розколини в шарі землі, що утворюються під час зберігання, зразу ж були засипані, інакше бо СаО переходить в кальцій-карбонат.

4. ЗМІШУВАННЯ ДОБРІВ

Для економії часу над розсіюванням та загортанням добрив у тих випадках, коли в поле вноситься два чи три туки, треба їх змішувати.

Крім бажання скоротити час, робочу й тяглову силу при внесенні окремих добрив, до змішування добрив незрідка доводиться вдаватися і з інших причин. Наприклад, щоб усунути незручне внесення дуже пилких добрив (кальцій-ціанамід, преципітат і кістяна мука—біла), їх змішують з добривами, що містять вологу, наприклад, преципітат і кістяну муку змішують з сільвінітом або з добривами, що зовсім не пилять, і при тому з підвищеною питомою вагою, наприклад, ціанамід з томасшлаком і сільвінітом; преципітат і кістяну муку змішують з сільвінітом, як з добривом, що містить вологу. Іноді, щоб зручно було розсіювати дуже звогчене і мазке добриво, доводиться вдаватися до змішування його з сухими добривами, вбираючими вологу, щоб зробити суміш більш розсипчастою, наприклад, занадто вологий суперфосфат змішують з високопроцентними сухими калійними солями. Іноді доводиться змішувати високопроцентні добрива (наприклад, калій-хлорид або карбамід) з іншими добривами або з баластними речовинами, щоб вони краще розподілялися. Можливість змішувати добрива одне з одним залежить від їх хемічних та фізичних властивостей. Якщо не взяти до уваги цих властивостей добрив, то в результаті взаємодіяння між ними при змішуванні може постати, поперше, втрата поживної речовини, подруге, погіршення удобрювальної якості суміші, рівняючи з якостями добрив, взятих окремо, потретье, в результаті хемічного взаємодіяння можуть утворитися сполуки з несприятливими фізичними властивостями,

наприклад: а) підвищеною гігроскопічністю або б) підвищеною здатністю до цементування; по четверте, значна гігроскопічність окремих добрив зарані виключає можливість застосувати їх як компонент суміші з деякими добривами.

При змішуванні добрив бажано наперед точніше визначити розмір площі і точніше розрахувати затрату часу на роботу для виготовлення тієї чи іншої суміші. Коли вияснено можливість виготовлення з добрив, суміші з урахуванням фізичних та хімічних властивостей добрив, тоді, користуючись таблицею 1 (об'ємна вага та об'єм одиниці ваги), можна зробити відповідні розрахунки.

Такий розрахунок для прикладу наведено далі.

Приклад. Удобрювана площа коренеплодів у господарстві дорівнює 25 га. Під коренеплоди є можливість внести 45 кг/га N, 60 кг/га P_2O_5 та 60 кг/га K_2O . Господарство має в своєму розпорядженні суперфосфат з фосфориту, амоній-сульфат і сільвініт. Всі ці добрива можна змішувати одне з одним, маючи тільки на увазі, що суміш не повинна лежати довше як $1\frac{1}{2}$ -2 дні, особливо при вогкій погоді через підвищену гігроскопічність сільвініту. Не маючи устаткування та можливості для механічного змішування добрив, треба, готуючи суміш, вдатися до перелопачування, для чого добрива треба насипати одне на одне шарами для кращого перелопачування ширина шару не повинна бути більшою за 1,5-2 м (при роботі над перелопачуванням з обох боків, а товщина шару не повинна бути більшою за 30-40 см. Якщо нам відома довжина купи добрив для змішання, то не важко розрахувати, скільки разів треба повторити роботу над змішуванням трьох добрив, щоб приготувати однорідну суміш для удобрення 25 га коренеплодів. Таблиця 1 дає змогу підрахувати об'єм окремих добрив, потрібних для площі в 25 га, в нашому прикладі 16-процентний суперфосфат з фосфориту має об'єм: $9,38 \times 1,02 = 9,57$ м³, амоній-сульфат 20,5-процентний має об'єм $5,4 \times 1,122 = 6$ м³ та сільвініт 14-процентний— $10,7 \times 0,93 = 10,2$ м³; відношення між об'ємами добрив в нашому прикладі амоній-сульфат: суперфосфат: сільвініт = 1:1,6:1,7 або 10:16:17 або 5:8,5 і т. д., що дозволить, маючи якунебудь міру, взяти цієї мірою 5 або 10 разів амоній-сульфат, потім 8 або 16 разів суперфосфат та 8,5 або 17 разів сільвініт. Якщо приміщення дозволяє приготувати для перелопачування добрив купу завдовжки 15 м при ширині 2,0 м, то площа для змішування становитиме 30 м², при висоті купи 0,3 м об'єм її становитиме 19 м³; при об'ємі всіх трьох добрив 25,8 м³ операцію змішування на площі завдовжки в 10 м треба провести двічі і додатково один раз на площі завдовжки в 5 м. При розміщенні шарів для кращого змішання треба добрива з меншою об'ємною вагою класти наспід, а з більшою зверху.

Затрата часу на ручну роботу над змішуванням добрив становить в середньому 3-5 ц за годину.

Хімічні та фізичні властивості добрив частенько обмежують можливість змішувати їх одне з одним. Далі ми зупинимося на ряді прикладів, що показують причини як неможливості, так і обмеженої можливості готувати суміші з окремих добрив.

Першим прикладом неможливості змішувати добрива через втрату поживних речовин є змішання добрив, які мають аміак, з добривами, що містять вапно. Тому не можна змішувати гній, де завжди є аміак у вибраному стані, з вапняною мукою або їдким вапном. Розсіяне на ріллі вапно по розкиданому гною треба по змозі швидше заорати. Не можна змішувати сульфат або нітрат-амонію з вапном або томасшлаком, бо частково утворюється амоній-карбонат—летуча сполука. Однак для амоній-хлориду маємо виняток, бо кальцій-хлорид, що утворюється, зв'яже і затримає аміак; але разом із тим у наслідок утворення

CaCl_2 тріхи підвищується гігроскопічність суміші, і тому вона не повинна лежати довше, як $1\frac{1}{2}$ доби. Далі, надто кислий суперфосфат не можна змішувати з натрією або норвезькою селітрою, бо тоді можуть виділятися червоно-бурі оксиди азоту. Якщо виділення відбувається в повітрі, то втрачається азот, якщо в ґрунті, то оксиди азоту шкодять рослинам.

Другим прикладом, що звичайно виключає можливість змішувати добрива через погіршення їх удобрювальної якості, може бути суміш у вигляді оксидів або карбонатів, наприклад, з вапняною мукою або з кальцій-ціанамідом, бо в такому разі воднорозчинна фосфорна кислота переходить у важкорозчинні солі і до того ще посиляться процес ретроградації P_2O_5 суперфосфату до утворення безводних фосфатів алюмінію та заліза.

За третій приклад, що виключає можливість змішувати добрива через утворення дуже гігроскопічних сполук, є суміш кальцієвої селітри з добривами, багатими на хлор, бо кальцій-хлорид, що утворюється, ще більше гігроскопічний, ніж кальцій-нітрат. Обмежується можливість змішувати добрива, основною вапняною частиною (наприклад, томашлак, кальцій-ціанамід), з добривами, в яких міститься кальцій-хлорид або магній хлорид (наприклад, сильвініт, карналіт, каїніт), бо основний хлороксид кальцію або магнію дає тверді як цемент витвори, що непіддаються роздрібненню та розмеленню при змішуванні. Правда, слід відзначити, що це погіршення якості суміші настає звичайно через 36 годин після змішавання, отже, якщо суміш використати протягом 24—36 годин після виготовлення її, то шкідливий вплив хемічних реакцій буде усунено.

Четвертий приклад: значна гігроскопічність карбаміду та амоній-нітрату унеможливають і дуже обмежують можливість змішувати їх з цілим рядом добрив, бо приготована суміш може швидко розтікатися, наприклад, суміш карбаміду або амоній-нітрату з суперфосфатом через кілька годин так звогчується, що утворюється мазка маса.

Наведеними прикладами можна обмежитися, бо для швидкої орієнтації про можливість змішувати одне з одним різні добрива далі наводиться дві схеми (див. рис. 1 та 2).

Знаючи властивості добрив, розглянуті в загальному курсі та викладені в цьому розділі, легко зрозуміти причину неможливості або обмеженої можливості виготовляти ту чи іншу суміш з окремих добрив.

Рисунок 1 являє собою багатокутник, на вершках якого зазначені окремі добрива (поодинокі або подібні рядом властивостей)¹. Добрива, що їх можна змішувати без побоювання змінити їх властивості, втрати поживних речовин і т. д., з'єднані одне з одним суцільною товстою лінією. Добрива, що їх

¹ В рисунках 1 і 2 немає гною, бо змішування гною з мінеральними добривами — практично недоцільний захід. Іноді до гною додають фосфати, рідше калійні, а ще рідше азотні добрива. В цьому разі гній та мінеральні добрива вносяться окремо, при чому по розкиданому на полі гною завжди можна розсіювати фосфати та калійні солі з подальшим заоранням.

можна змішувати, але через те, що при лежанні суміші вони набувають ряд несприятливих властивостей, наприклад, над-

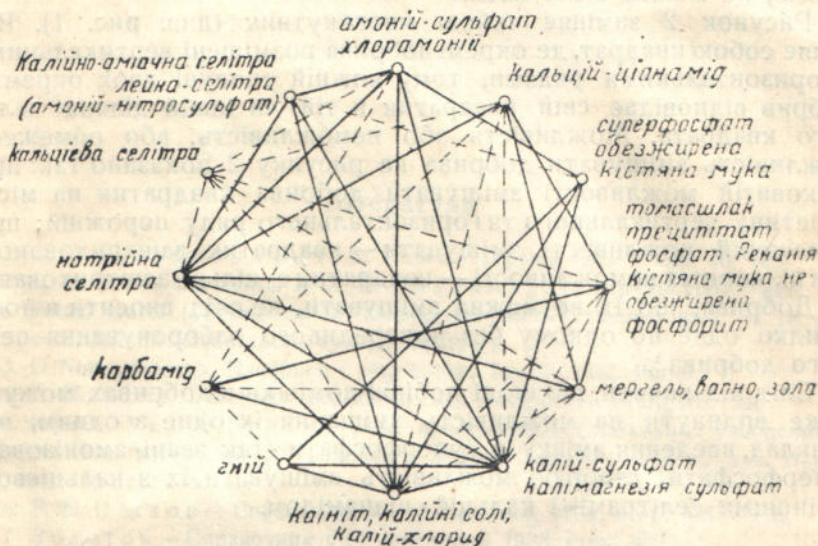


Рис. 1. Змішування штучних добрив

Добрива, з'єднані товстою лінією (——), можна змішувати повсякчас. Добрива, з'єднані пунктиром (-----), можна змішувати лише безпосередньо перед внесенням їх. Не з'єднані між собою добрива зовсім не можна змішувати.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
14	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
15	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
16	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Рис. 2. Таблиця для змішування добрив

Одне з добрив, що має бути змішане, треба знайти у вертикальному ряді, друге — в горизонтальному. Простежити напрям обох рядів до місця їх збігу в одному квадратіку (поле). З відмінної ознаки цього квадрата роблять той чи інший висновок. Квадратики означають: білі квадратики — змішувані добрива; заштриховані квадратики — умовно змішувані добрива, тобто рано чи пізно суміш зазнаватиме певних змін; чорні квадратики — незмішувані добрива.

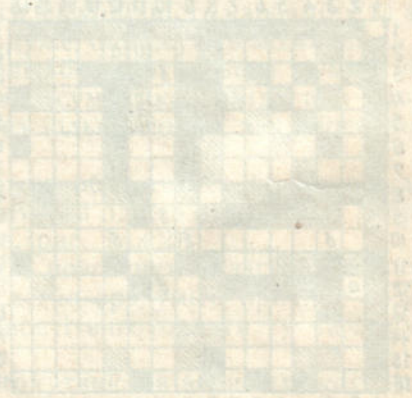
мірна гігроскопічність, твердження тощо, — після змішування повинні бути незабаром використані (не більше 24 — 36 годин після

виготовлення суміші); в таких випадках добрива з'єднані між собою пунктирною лінією. Добрива, не з'єднані одне з одним лінією, не можна змішувати.

Рисунок 2 заміняє собою багатокутник (див. рис. 1). Він являє собою квадрат, де окремі добрива розміщені вертикальними і горизонтальними рядами, тому кожній сполучі двох окремих добрив відповідає свій квадратик в тій чи іншій ділянці великого квадрата. Можливість або неможливість, або обмежена можливість змішувати добрива на рисунку 2 показано так: при цілковитій можливості змішувати добрива квадратик на місці перетину вертикального та горизонтального ряду порожній; при обмеженій можливості змішувати — квадратик заштриховано і при цілковитій неможливості — квадратик суцільно заштриховано.

Добрива, що їх не можна змішувати, не слід вносити в поле швидко одне по одному без попереднього заборонування першого добрива¹.

Слід відзначити, що іноді побічні домішки в добривах можуть дуже вплинути на можливість змішання їх одне з одним, наприклад, введення аміаку в суперфосфати (так звані амонізовані суперфосфати) створює можливість змішувати їх з кальцієвою та іншими селітрами і кальцій-ціанамідом.



¹ При потрійних сумішах спочатку розглядають попарну можливість змішання добрив, неможливість або можливість попарного змішання визначає можливість або неможливість потрійної суміші.

Література

1. С. И. Вольфовичи Р. Е. Ремен „Труды НИУ“. вип. 46, 1927.
 2. С. И. Вольфовичи Л. В. Владимиров, „Труды НИУ“ вип. 55, 1929, обидві статті („Влажность и гигроскопичность суперфосфата“ та „К вопросу о свободной кислотности суперфосфатов“).
 3. O Nolte. Noncar. Handbuch f. Agricultur. Том II. 1932. Berlin.
 4. A. Nostitz та J. Weigert. Die künstlichen Düngmittel. Stuttgart. 1928
 5. Крез, Уай и Брехем „Как предупредить слеживание удобрений“, „Производство удобрений за границей“, збірник другий, 1932 р., вид. Наук. техн. видавництва. Москва.
 6. Е. Е. Песгов — Справочник по удобрениям, 1933, стор. 408 — 416.
 7. Золотов — Справочник по удобрениям 1933, стор. 439.
-

THE UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF LAND MANAGEMENT
WASHINGTON, D. C. 20250

REPORT OF PROGRESS
FOR THE YEAR 1954

BY
J. H. HARRIS, Chief, Bureau of Land Management
and
J. W. HARRIS, Chief, Bureau of Land Management

UNITED STATES GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 1954

1954

ЗМІСТ

Передмова	3
Вступ. Завдання агрохімії та роль мінеральних добрив у справі підвищення врожаїв на Заході і в нас	7

ЧАСТИНА ПЕРША (ЗАГАЛЬНА)

A. Кореневе живлення рослин	16
1. Мінеральна теорія живлення рослин, головні етапи її розвитку	16
2. Роль окремих елементів	23
3. Надходження речовин у корінь з навколишнього розчину	27
4. Особливості живлення рослин азотом	36
B. Грунт як посередник між рослиною і добривом	42
1. Вбирна здатність ґрунтів	42
2. Залежність реакції та інших властивостей ґрунту від складу вибираючого комплексу	52
3. Органічна речовина ґрунту	62
4. Винесення поживних речовин з ґрунту з урожаєм і відновлення їх з допомогою добрив	73

Миссе, ЧАСТИНА ДРУГА (СПЕЦІАЛЬНА)

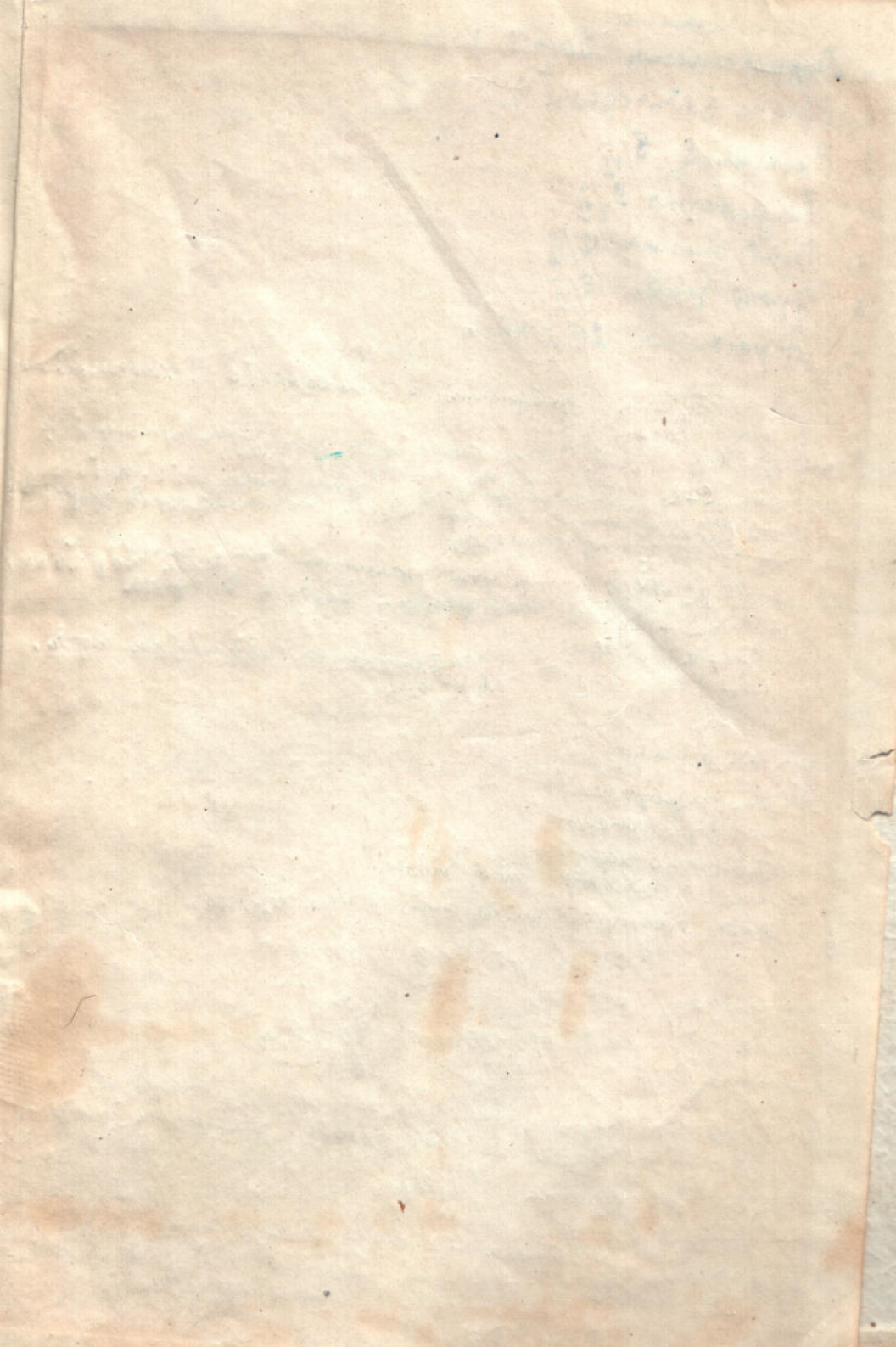
Азотисті добрива	84
✓ 1. Чилійська селітра (NaNO_3)	86
✓ 2. Калійна (або туркестанська) селітра (KNO_3)	102
✓ 3. Кальцієва або норвезька селітра [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$]	103
✓ 4. Аміачні солі	106
Аміак кам'яного вугілля	106
✓ Синтетичний аміак	107
✓ 5. Значення амоній-сульфату як азотистого добрива	112
✓ 6. Ціанамід (кальцієва похідна CaCN_2)	119
7. Світова азотна промисловість і шляхи можливого розвитку азотної промисловості у нас	126
8. Покидьки органічного походження, багаті на азот	128
9. Безпосереднє використання повітряного азоту на удобрюваному полі (зелене добриво)	135
Фосфати	144
✓ 1. Фосфорити	148
✓ 2. Хібінські апатити	154
✓ 3. Виробництво суперфосфату	157
✓ 4. Подвійний суперфосфат і преципітат	163
✓ 5. Томашлак	168
✓ 6. Термічна переробка фосфатів	173
✓ 7. Кістяна мука	175
8. Про порівняльне значення різних фосфатів, що їх випускає промисловість, та про умови застосування фосфоритної муки	179
9. Діяння фосфатів на рослини	199

Калійні добрива	204
1. Загальні умови застосування калійних солей	212
2. Нефелін та інші калійні силікати як калійне добриво	221
3. Зола, як калійно-фосфатно-вопняче добриво	222
Складні добрива (концентрати подвійного і потрійного діяння)	227
Концентрати потрійного діяння (тип азофоска)	232
Повні добрива органічного походження	239
✓ 1. Гній	239
Спеціальні способи зберігання гною та його компонентів	264
Готування штучного гною з соломи	267
Застосування неперепрілої соломи як добрива	272
Про оцінку діяння гною як добрива	276
Застосовування гною в різних зонах Союзу; розміри його діяння	293
Про використання торфу для виготовлення гною під скотом і без скоту (штучний гній)	303
✓ 2. Торф'яний компост (штучний гній з торфу); різні способи компостування	311
✓ 3. Безпосереднє застосовування торфу на удобрення	313
✓ 4. Мішаний компост як спосіб використання різних садибних покидьків	314
✓ 4. Міські нечистоти	315
Побічні добрива	322
1. Кухонна сіль	322
2. Вапно	324
Ознаки ґрунтів, що потребують вапнування	332
Покидьки промисловості, багаті на вапно	343
Про шкідливе діяння зайвинного вапнування	344
3. Гіпс	347
4. Внесення сірки як добрива	350
5. Натрій-бісульфат	352

ЧАСТИНА ТРЕТЯ

Польовий дослід	353
1. Хемічні методи визначення потреби ґрунтів на добриво	374
2. Спроби використати вегетаційний метод для визначення потреби ґрунту на добриво	377
3. Мікробіологічні методи визначення потреби ґрунту на добриво	379
4. Вегетаційний метод та його основна роль в агрохемії	380
Додаток	
Зберігання добрив (склад. Д. В. Дружиніним)	
1. Властивості добрив, що на них треба зважати при зберіганні	390
2. Склади для зберігання добрив	396
3. Окремі випадки зберігання найпоширеніших добрив	404
4. Змішування добрив	406

Савду мін
Савду вапном



Всего в записке 21 страница, из них 17 страниц
всего 21 страница - подается П. К.

Копию всего материала, изданного в Берлине, прислать
всего берлинских материалов издано. Заглавием книги 2017.
Санкт-Петербург. 1897. 21 страница, 21 страница из 21 страниц.
Министерство Финансов Берлина и подается

До 31

