

**ЗНАЧЕНІЕ АММОНІЙНЫХЪ СОЛЕЙ
ДЛЯ ПИТАНІЯ ВЫСШИХЪ КУЛЬТУР-
НЫХЪ РАСТЕНІЙ**

ЗАСЛУЖЕННАГО ПРОФЕССОРА

АРВИДА ТОМСОНА

MIT EINEM REFERAT:

DER WERT DER AMMONSALZE FÜR DIE
ERNÄHRUNG DER HÖHEREN KULTURPFLANZEN

VON PROF. EMER. ARWID THOMSON

ДЕРПТЪ (TARTU) 1922

Типографія К. Маттисена, Дерптъ (Tartu).

Хотя опыты съ аммонійными солями производились нѣсколькими учеными въ разныхъ странахъ, но все-таки результаты ихъ изслѣдованій не вполне правильно истолкованы. Укажу здѣсь вкратцѣ на литературу, касающуюся тѣхъ опытовъ, которые можно считать наиболѣе точными. Именно при производствѣ такихъ опытовъ нужно устранить возможность перехода аммонійныхъ солей въ окислы, что достигается постановкой опытовъ при стерильныхъ условіяхъ или достаточно частымъ возобновленіемъ растворовъ, при помощи которыхъ выращиваются растенія. Въ послѣднемъ случаѣ слѣдуетъ еще прибѣгать къ нѣкоторымъ мѣрамъ для защиты растеній отъ заразы. Къ опытамъ, болѣе удовлетворяющимъ изложеннымъ требованіямъ, принадлежатъ слѣдующіе.

Въ первую очередь можно указать на опыты O. Pitsch'a¹⁾, которые, однако, въ томъ отношеніи не вполне доказательны, что примѣняемая въ нихъ среда, природная почва, содержала еще органическія азотистыя вещества, ставшія, особенно по стерилизаціи, болѣе усвояемыми, что подтверждается и содержаніемъ сравнительно большаго количества азота въ растеніяхъ, чѣмъ прибавлено было съ солями.

Съ большимъ числомъ растеній въ той же средѣ производился и опытъ A. Muntz'a²⁾, который, однако, тоже недостаточно доказателенъ, на что впервые указалъ его соотечественникъ Mazé. Въ этомъ опытѣ также помѣшали другія

1) Landwirt. Versuchsstationen, т. XXXIV, 1887, стр. 217—258; т. XLII, 1893, стр. 1—95; т. XLVI, 1896, стр. 357—370.

2) Compt. rend., т. 109, 1889, стр. 646—648 и Ann. Sc. Agron., Sér. II, т. 2, 1896, стр. 161—214.

азотистыя вещества, что тѣмъ болѣе возможно, что почва, какъ у Muntz'a, такъ и у Pitsch'a, не была совершенно свободна отъ микроорганизмовъ, такъ какъ способъ стерилизации и мѣры предохраненія отъ зараженія извнѣ сдѣлали невозможнымъ лишь развитіе въ почвахъ микроорганизмовъ нитрификаціи, но не повліяли на прочихъ.

A. Griffiths¹⁾ поставилъ опыты съ фасолью въ стерильныхъ водныхъ культурахъ, содержавшихъ, какъ азотистое вещество, сѣрноокислый амміакъ. Развитіе растений, находившихся подъ стеклянными колпаками, было въ теченіе 4 недѣль замѣтно хорошее, при чемъ содержаніе азота въ растворѣ понизилось почти на половину. Азотной кислоты изслѣдователь не могъ открыть.

P. Mazé²⁾ производилъ свои первые опыты съ кукурузой въ питательныхъ растворахъ, которые хранились въ стерильномъ состояніи. Mazé выбралъ растеніе, которое по наблюденіямъ нѣкоторыхъ изслѣдователей изъ азотистыхъ соединений предпочитаетъ амміакъ. По моему, М. недостаточно долго продолжалъ эти опыты. Кромѣ того ему пришлось работать при сравнительно высокой концентраціи азотистаго вещества. Прибавлялъ М. во всѣхъ случаяхъ къ своимъ растворамъ углекислый кальцій, чѣмъ онъ ухудшилъ условія питанія для кукурузы и такъ нашель, что соли аммонія (сѣрноокислый, хлористый и азотноокислый) и азотной кислоты съ другими основаніями почти одинаково дѣйствуютъ на это растеніе. Разница состояла только въ томъ, что корни растений въ присутствіи амміачныхъ солей показали худшее развитіе, чѣмъ въ растворахъ нитратовъ. М. нашель, что при извѣстныхъ условіяхъ амміачныя соли воспринимаются кукурузой даже предпочтительнѣе нитратовъ. Подобныя, но все-таки менѣе согласующіеся результаты получилъ М. въ опытахъ 1911 г. съ тѣмъ же растеніемъ и тѣми же азотистыми соединениями при сходныхъ условіяхъ питанія, но только при большей продолжительности опытовъ. Менѣе вредилъ растворъ съ NH_4NO_3 . Послѣдній и растворъ съ NH_4Cl дали близкіе и самые высшіе урожаи (69,92 и 70 гр.), между тѣмъ какъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ далъ

1) Chem. News, т. 64, 1891, стр. 147.

2) Compt. rend., т. 127, 1898, стр. 1031; Ann. Instit. Pasteur, т. 14, 1900, стр. 26—45; Ann. Instit. Pasteur, т. 25, 1911, стр. 705; Ann. Instit. Pasteur, т. 27, 1913, стр. 1093.

гораздо низшій (50,34 гр.) и еще болѣе низкій NaNO_3 (48,5 гр.). Въ этихъ опытахъ тоже присутствовалъ CaCO_3 . Рѣзкая разница между дѣйствіемъ NH_4Cl и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ можетъ быть только случайною. При первомъ своемъ опытѣ М. не наблюдалъ этого. Иной результатъ для нихъ полученъ опытомъ автора въ 1913 г. также съ кукурузой. Здѣсь была концентрація растворовъ азотистыхъ соединений почти вдвое слабѣе. Остальныя соли, за исключеніемъ MgSO_4 и CaCO_3 , примѣнялись тоже во вдвое болѣе слабой концентраціи. Вода была водопроводная. Въ этомъ опытѣ NH_4Cl далъ меньшій урожай (въ ср. 54,27 гр.), чѣмъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (въ ср. 61,56 гр.). Вообще аммонійныя соли дали самый высшій урожай, высшій чѣмъ NaNO_3 (въ ср. 51,17 гр.), что указываетъ на то, что кукуруза лучше удается въ присутствіи первыхъ.

Что касается опытовъ покойнаго профессора П. С. Коссовича, то часть ихъ производилась именно съ намѣреніемъ доказать, какъ высшее растеніе, горѣхъ, используетъ амміачный азотъ¹⁾. П. С. убѣдился въ томъ, что въ конструированномъ имъ приборѣ не произошелъ переходъ амміака въ окисленную форму, такъ что въ этомъ отношеніи среду можно считать стерильной. При этомъ сравнивалось дѣйствіе сѣрнистаго амміака съ дѣйствіемъ азотнокислаго кальція на растеніе. Къ обоимъ былъ прибавленъ мѣлъ, за исключеніемъ того случая, гдѣ вмѣсто него былъ внесенъ въ среду гидратъ окиси желѣза. Однако, развитіе растеній не произошло достаточно удовлетворительно и даже корни растеній, получавшихъ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, обладали нѣсколько буроватымъ цвѣтомъ. Продолжительность опытовъ не всегда была одинакова, отчего сравненіе ихъ недостаточно обосновано. Прибавленіе CaCO_3 къ раствору съ азотнокислой солью должно было неблагоприятно вліять на результатъ, вслѣдствіе чего азотъ обоихъ источниковъ произвелъ одинаковый эффектъ. Самый высшій урожай и самое высшее содержаніе азота далъ гидратъ окиси желѣза, хотя здѣсь растеніе развивалось 5 дней дольше, чѣмъ въ другихъ случаяхъ. Желѣзо не было особо внесено въ чистый кварць въ другихъ случаяхъ. Опыты П. С. Коссовича,

1) Амміачныя соли, какъ непосредственный источникъ азота для растеній. Отд. оттискъ изъ Журнала Опытн. Агрономіи, 1901 г., книга V, стр. 625 и слѣд.

опубликованные въ 1904 г.¹⁾ и поставленные съ ячменемъ также и для выясненія другихъ вопросовъ, показываютъ, что нитраты дѣйствуютъ хуже амміачныхъ солей, особенно NH_4NO_3 , если вносится въ среду фосфоритъ. По прибавкѣ мѣла къ фосфориту $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и NH_4NO_3 дали одинаковый, но меньшій урожай, чѣмъ въ его отсутствіи. При этомъ не сравнивался NaNO_3 . Безъ внесенія CaCO_3 , какъ такового, или какъ составной части удобрительнаго вещества, и съ примѣненіемъ легко растворимаго фосфата (KH_2PO_4) или фосфата желѣза, осторожно высушеннаго, самое лучшее дѣйствіе оказалось у NaNO_3 , среднее у NH_4NO_3 и очень низкое у $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Въ каждомъ случаѣ было лишь по одному экземпляру ячменя.

Р. Ehrenberg²⁾ выращивалъ овесъ въ стерилизованной почвѣ и стерилизованномъ пескѣ. Азотъ былъ внесенъ въ эти среды въ видѣ сѣрнокислаго аммонія и азотнокислаго натрія послѣ растворенія въ водѣ и стерилизованія раствора. CaCO_3 въ средахъ присутствовалъ. Сѣмена до посѣва были стерилизованы. Въ присутствіи аммонійныхъ солей растенія прекратили ростъ въ обѣихъ средахъ. Поэтому изслѣдователь считаетъ необходимымъ для развитія высшихъ растений окисленный азотъ, особенно въ средахъ, отличающихся очень малой поглотительной способностью. Hutchinson и Miller объясняютъ результаты, полученные Ehrenberg'омъ съ аммонійными солями, тѣмъ, что онъ примѣнялъ слишкомъ большія количества ихъ, которыя по изслѣдованіямъ Mazé очень вредятъ. Повидимому онѣ тоже не были достаточно равномерно распределены по отдѣльнымъ слоямъ среды. При опорожненіи сосудовъ чувствовался сильный запахъ амміака.

Упомянутые Н. В. Hutchinson и N. H. J. Miller³⁾ производили свои опыты при стерильныхъ условіяхъ, какъ въ пескѣ, такъ и въ водѣ. Въ обѣихъ средахъ выращивалась ими пшеница. Послѣдняя каждый разъ лучше развивалась

1) О взаимодействіи питательныхъ солей въ процессъ воспріятія растеніями минеральной пищи. Отд. оттискъ изъ Журнала Опытной Агрономіи, 1904 г., книга V, стр. 581 и слѣд.

2) Die Bewegung des Ammoniakstickstoffes in der Natur. Berlin. 1907.

3) The direct assimilation of inorganic and organic forms of nitrogen by higher plants. [Rothamsted Experiment Station]. Отд. оттискъ изъ Zentralblatt f. Bakteriologie, Parasitenkunde u. Infektionskrankheiten. Отд. II, т. 30, 1911, стр. 513 и слѣд.

въ песокъ, если туда при содержаніи сѣрнокислаго амміака и углекислаго кальція прибавлены были нитрифицирующіе организмы. Это не наблюдалось, когда примѣненъ былъ прямо азотнокислый натрій и отсутствовалъ мѣлъ. По при послѣднемъ условіи росло только одно растеніе, происшедшее изъ зерна одинаковаго вѣса со взятыми для другихъ опытовъ. При выращиваніи пшеницы въ водныхъ культурахъ былъ полученъ вышеупомянутый результатъ, когда питательный растворъ, содержавшій $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и CaCO_3 , подлежалъ прививкѣ нитрифицирующими организмами. Въ прочихъ растворахъ корни растеній развивались плохо и ненормально, особенно въ началѣ, а также и впослѣдствіи. CaCO_3 улучшилъ и развитіе корней, какъ это показываютъ приложенныя фотографіи. Горохъ выращивался названными изслѣдователями только въ водной культурѣ, въ которую былъ внесенъ кромѣ питательныхъ солей CaCO_3 въ количествѣ 2 гр. на каждый сосудъ вмѣстимостью въ 1200 куб. см. Можно различать здѣсь 4 ряда опытовъ: при первомъ рядѣ растворъ содержалъ азотъ въ видѣ азотнокислаго натрія, при второмъ — тотъ же азотъ съ прибавленіемъ декстрозы, при третьемъ — азотъ въ видѣ сѣрнокислаго амміака и при четвертомъ — тотъ же азотъ съ прибавкой декстрозы. Оказалось, что оба источника азота одинаково дѣйствуютъ на развитіе гороха (нужно помнить, что всегда присутствовалъ CaCO_3). Декстроза, по даннымъ изслѣдователей, не обнаружила особаго вліянія на развитіе растенія, хотя при этомъ не принято въ расчетъ ея дѣйствіе въ присутствіи NaNO_3 , такъ какъ культуры эти или неудачно развивались или показали инфекцію, вслѣдствіе чего онѣ были исключены изъ сравненія. По признанію изслѣдователей амміачная соль повысила содержаніе азота въ сухомъ веществѣ, какъ это наблюдалось и при опытахъ другихъ изслѣдователей.

Опыты И. С. Шулова¹⁾ состояли въ стерильныхъ водныхъ культурахъ, которыя производились при помощи особыхъ приспособленій, описанныхъ вмѣстѣ съ опытами въ цитированномъ его сочиненіи. Опытнымъ растеніемъ служила куку-

1) Изслѣдованія въ области физиологіи питанія высшихъ растеній при помощи методовъ изолированнаго питанія и стерильныхъ культуръ. Москва. 1913.

руза. Изъ азотистыхъ соединений испытывались въ 1911 г. NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ (въ полныхъ дозахъ) и NaNO_3 , при чемъ источники фосфорной кислоты были различны. Въмѣсто мѣла былъ примѣненъ гипсъ. Опыты продолжались 45—48 дней. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ далъ самый низкій общій урожай (въ ср. 9,14 и 8,73 гр.), а также и отдѣльныхъ составныхъ частей послѣдняго. NH_4NO_3 и NaNO_3 дали высшіе мало различающіеся другъ отъ друга урожаи (въ ср. 14,93 или 14,86 гр.). Еще выше былъ урожай отъ $\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (въ ср. 16,24 гр.). „Корни при $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ являлись слабо развѣтвленными и короткими, довольно толстыми“. „Азотнокислый аммоній вызывалъ большее вѣтвление, и вѣтви были болѣе длинными“. „Но съ наиболѣе обильными и съ наиболѣе длинными развѣтвленіями была корневая система въ культурѣ съ NaNO_3 “. Приводятся И. С. Шуловымъ числа измѣренія и вѣсы растений и ихъ частей, балансъ азота разныхъ формъ, реакція оставшагося раствора. И. С. говоритъ, что эти опыты доказываютъ вредное вліяніе $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ на растеніе и обезвреживаніе его по прибавкѣ азотнокислаго аммонія. Послѣднее явленіе подтвердилось еще нѣкоторыми кратковременными опытами осенью того же года. Въ 1912 г. И. С. Шуловъ поставилъ опыты съ горохомъ и кукурузой. Что касается опытовъ съ первымъ растеніемъ, то здѣсь изъ источниковъ азота неорганической формы примѣнялись $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и NH_4NO_3 ; въ растворъ съ NH_4NO_3 былъ внесенъ гипсъ, а не углекислый кальцій, который отсутствовалъ и въ растворѣ съ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Кромѣ того, въ присутствіи $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ производилось испытаніе использованія органическаго фосфора въ видѣ лецитина и фитина. Корневая система растенія съ NH_4NO_3 со временемъ сильно отстала отъ корней растенія, питавшагося $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, что при уборкѣ и выразилось въ вѣсѣ ихъ. Опытъ съ горохомъ продолжался 80—82 дня. Горохъ по $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ далъ самый высшій общій урожай (23,36 и 23,76 гр.), а горохъ по NH_4NO_3 далъ общій урожай въ 18,7 гр. Первая соль оставила субстраты съ сильной щелочностью. Въ предшествующемъ году то же самое наблюденіе сдѣлано у NaNO_3 въ культурѣ кукурузы. NH_4NO_3 оставилъ за собой почти нейтральный субстратъ. Второй рядъ опытовъ, какъ выше упомянуто, производился съ кукурузой. На ряду съ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и NH_4NO_3 и уже названными источниками органическаго фосфора испытанъ

былъ аспарагинъ. Азотистыя соединенія вносились въ нормѣ, повышенной на $\frac{1}{3}$, по сравненію съ нормами у гороха. Прочія части питательной смѣси давались въ тѣхъ же количествахъ. Въ нѣкоторыхъ сосудахъ не проросли зерна и нѣкоторые пришлось исключить изъ-за трещинъ на трубкахъ, полученныхъ при стерилизації. Въ такихъ сосудахъ появляется всегда скоро зараженіе. Вслѣдствіе этого даже одновозрастныхъ культуры врядъ ли сравнимы между собой по урожаямъ. Растеніе съ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ пришлось уже раньше въ возрастѣ 49 дней убрать, такъ какъ оно прекратило свое развитіе и листья начали бурѣть и высыхать. Развитіе корней этого растенія и растений, получавшихъ NH_4NO_3 , было таково же, какъ указано было у прошлогодней кукурузы. Вѣсь общаго урожая растеній, питавшихся NH_4NO_3 , былъ или ниже или выше вѣса растеній, выращенныхъ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, что отчасти зависѣло отъ ихъ возраста. Растеніе по NH_4NO_3 оказалось богаче общимъ и протеиновымъ азотомъ и показало также и высокій процентъ протеиноваго азота по отношенію къ общему. И. С. Шуловъ нашелъ также, что NH_4NO_3 вызвалъ болѣе обильное выдѣленіе сахаровъ и яблочной кислоты черезъ корни, чѣмъ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Наконецъ привожу опыты Г. Г. Петрова¹⁾, которые производились частью въ 1910 г., частью въ 1911 г., а именно надъ кукурузой въ водной культурѣ. Кукуруза выращивалась въ замкнутыхъ сосудахъ при стерильныхъ условіяхъ, каковой способъ точно описывается Петровымъ. Что касается произведеннаго въ 1910 г. опыта (I опытъ) съ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ въ количествѣ 1,488 гр. на сосудъ, то здѣсь былъ прибавленъ мѣлъ въ количествѣ 0,5 гр. Посѣвъ начался 16-го іюня. Уборка произошла черезъ 38 дней послѣ посѣва „потому, что сосуды были слишкомъ тѣсны для растеній“. Средній сухой вѣсъ одного растенія (стебли + корни) равнялся 0,893 гр., а вѣсъ его корней 0,1576 гр. Средняя длина стеблей растеній была равна 64,2, а корней 57,4 см. Среднее содержаніе общаго азота въ растеніяхъ было опредѣлено въ 4,44%, азота протеина въ 1,88%, азота аспарагина въ 0,44% и азота нитратовъ и иныхъ соединеній въ 2,12%. Главная часть окисленнаго азота оказывается накопленной въ стебляхъ, гдѣ онъ постепенно редуци-

1) Усвоеніе азота высшимъ растеніемъ на свѣту и въ темнотѣ. Экспериментально-критическое изслѣдованіе. Изъ XI тома отчетовъ по лабораторіи проф. Д. Н. Прянишникова. Москва. 1917.

руется. Корни отличаются высшимъ содержаніемъ общаго азота. Этотъ результатъ получилъ и мой сотрудникъ, кандидатъ сельскаго хозяйства М. Т. Талалаевъ, при изслѣдованіи въ 1900 г. овса, выращеннаго въ водной культурѣ, поставленной въ экономическомъ кабинетѣ Юрьевскаго Университета. По опредѣленіямъ Талалаева и содержаніе протеинового азота въ корняхъ было выше. Опытъ Г. Г. Петрова, произведенный съ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ въ 1911 г. (II опытъ), заключаетъ въ себѣ только одинъ сосудъ съ 4 растеніями. Количество азота было половинное сравнительно съ предыдущимъ опытомъ, производившимся съ 3 сосудами. При этомъ мѣлъ отсутствовалъ и былъ замѣненъ гипсомъ. Опытъ начался 16-го іюня. Былъ посѣянъ другой сортъ кукурузы (чинквантино) въ числѣ 5 зеренъ, изъ которыхъ одно не проросло. Растенія были убраны черезъ 39 дней послѣ посѣва. Средній вѣсъ одного растенія найденъ въ 0,962 гр., вѣсъ корней былъ тоже выше, 0,2079 гр. въ воздушно-сухомъ состояніи. Средняя длина стеблей была 80,5, а корней 40,4 см. Растенія содержали общаго азота 3,25%, протеинового 1,81%, аспарагиноваго 0,15%, амміачнаго 0,11% и азота иныхъ соединений 1,18%.

Опыты съ кукурузой по сѣрнокислому амміаку производились Г. Г. Петровымъ какъ въ 1910 г. (III опытъ), такъ и въ 1911 г. (IV опытъ). Къ питательной смѣси былъ прибавленъ гипсъ въ количествѣ 0,4 гр. въ опытъ III и 0,32 гр. въ опытъ IV, а мѣлу соответственно 1,5 и 1 гр. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ примѣнялся въ количествѣ 1,202 гр. на сосудъ, какое количество равняется 255 mgr. азота, сколько содержалось и во внесенной полной дозѣ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Опытъ III былъ произведенъ въ 3 сосудахъ, которые были засѣяны въ 3 срока, 16-го, 20-го и 23-го іюня, какъ у нитрата. Въ отличіе отъ растеній въ нитратѣ 5-го іюля корневыхъ волосковъ живыхъ было очень мало и мертвыхъ много; „во всѣхъ случаяхъ корневые волоски не опадали по одному, но, склеиваясь, образовывали вдоль корней что-то вродѣ паутины“. Черезъ 39 дней опытъ былъ прерванъ. „Въ то время, какъ у растеній по нитратамъ корни тонки, длинны, богато развѣтвлены, у растеній по амміаку корни представляютъ діаметрально противоположные признаки“. Средній сухой вѣсъ 1 растенія былъ равенъ 0,7648 гр., а вѣсъ его корней 0,1093 гр. Средняя длина стеблей равнялась 58,5, а корней 36,2 см. Среднее содержаніе

азота разныхъ формъ въ растеніяхъ было слѣдующее: общаго 4,5%, протенноваго 2,34%, аспарагиноваго 1,34%, амміачнаго 0,02% и прочихъ соединеній 0,75% по отношенію къ сухому веществу. Г. Г. Петровъ нашель въ растеніяхъ по $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ высшее содержаніе общаго азота и еще высшее содержаніе протейноваго азота въ сравненіи съ растеніями по $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Опытъ IV, произведенный въ 1911 г. съ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, заключаетъ въ себѣ только одинъ сосудъ. Къ питательному раствору прибавлялось глюкозы, такъ что концентрація ея въ растворѣ равнялась 2%. Этотъ сосудъ былъ засѣянъ 18-го іюня тѣми же сѣменами, что и сосудъ II опыта, слѣдовательно, сѣменами большаго вѣса, чѣмъ примѣненныя для сосудовъ III опыта. Просасывающійся черезъ сосудъ воздухъ былъ лишенъ CO_2 при помощи KOH и унесъ еще съ собою CO_2 изъ сосуда. Изъ 5 высѣянныхъ сѣмянъ одно дало уродливый проростокъ. Черезъ 26 дней послѣ посѣва цвѣтъ листьевъ былъ темно-зеленый, темнѣе чѣмъ у растеній, получавшихъ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Листья были тоже шире. Черезъ 37 дней послѣ посѣва, когда наблюдалось уже сильное пожелтѣніе листьевъ, опытъ былъ законченъ. У почти одновозрастныхъ растеній по $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ желтые листья не были замѣтны. Что касается корневой системы убранныхъ растеній, то она, по даннымъ Г. Г. Петрова, оказалась очень богатой и развѣтвленной. „По виду корневая система ничѣмъ не отличалась отъ таковой у растеній по $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, развѣ только у послѣднихъ волосковъ на первичныхъ корешкахъ было больше и развѣтвленіе вторичныхъ было болѣе правильно“. Затѣмъ Г. Г. Петровъ говоритъ еще въ другомъ мѣстѣ: замѣна углекислоты глюкозой вызвала лучшее, болѣе нормальное и богатое развитіе корневой системы. Средній сухой вѣсъ одного растенія равнялся 0,8683 гр., вѣсъ корней его въ воздушно-сухомъ состояніи 0,2617 гр. Вѣсъ стеблей былъ меньше, чѣмъ у растеній по $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и почти одинаковъ съ полученнымъ для растеній III опыта по $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Средняя длина стеблей растеній IV опыта была 59, а корней 36,6 см. Нужно указать на то, что результаты опыта IV не вполне сравнимы съ таковыми опыта III, потому что вѣсъ сѣмянъ, взятыхъ для перваго опыта, былъ гораздо выше и можетъ равняться только вѣсу сѣмянъ II опыта. Въ послѣднемъ же случаѣ отсутствовали глюкоза и мѣль, а азота было вдвое меньше. Мы видимъ, что глюкоза

способствовала только исправленію корневой системы, а со-всѣмъ не повліяла на развитіе стеблей, вслѣдствіе чего и приводимое отношеніе вѣсовъ стеблей и корней ненормально (100 : 39). Средній приростъ сухого вѣса для растений IV опыта былъ ниже, чѣмъ у растений по $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ съ тѣмъ же количествомъ азота и въ присутствіи мѣла и у растений по $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ съ одинаковымъ содержаніемъ азота. Нельзя забывать, что опытъ IV былъ поставленъ только съ однимъ сосудомъ, изъ высѣянныхъ 5 сѣмянъ котораго нормально развивалось 4. Для большей убѣдительности слѣдовало бы повторить этотъ опытъ. Анализированныя растения содержали въ среднемъ 6,88% общаго азота, 2,15% протеиноваго, 3,61% аспарагиноваго, 0,28% амміачнаго и 0,84% азота иныхъ соединений. Растенія эти отличаются очень высокимъ содержаніемъ общаго азота и богатствомъ аспарагина. Какъ уже сказано, растения пользовались, главнымъ образомъ, углеродомъ глюкозы и только частью выдѣленной ими углекислоты. Кромѣ того, Г. Г. Петровъ производилъ опыты усвоенія нитратовъ и амміака въ темнотѣ съ кукурузой въ связи съ дыханіемъ, опыты, которые для рѣшенія поставленнаго имъ вопроса очень важны, но насъ здѣсь менѣе интересуютъ. Вслѣдствіе этого ограничусь только указаніемъ на нихъ.

Прежде чѣмъ оставить разсмотрѣніе опытовъ Г. Г. Петрова, желаю еще вкратцѣ остановиться на высказанномъ имъ на страницѣ 265 его работы мнѣніи относительно моихъ опытовъ съ мочевиной, которые производились на свѣту и безъ участія углевода. Считаю нужнымъ еще разъ¹⁾ указать на то, что при моихъ опытахъ съ овсомъ и ячменемъ мочевина была всегда доступна послѣднимъ какъ при суточномъ, такъ и при 3—5 час. пребываніи растений въ растворахъ, какъ таковая, за чѣмъ я безпрестанно слѣдилъ. Хотя концентрація мочевины была выше той, которую выбрали Hutchinson и Miller, а именно 0,02%, и равнялась той, которую выбралъ Г. Г. Петровъ, но она оказалась весьма благопріятной для роста этихъ растений. Плохого развитія корней мной не наблюдалось. Какъ уже отмѣчено въ упомянутой статьѣ, эти

1) Подобное сказано въ моей статьѣ: Значеніе азота навозной жижи для питанія культурныхъ растений. Труды Лифляндскаго Общепользнаго Экономическаго Общества. 1917. Январь. Февраль.

опыты не единственные, которые я производилъ съ мочевиной. Предшествовалъ имъ опытъ съ однимъ овсомъ, который окончился тѣмъ же результатомъ. Кроме того, мой сотрудникъ М. Т. Талалаевъ производилъ въ 1900 г. еще новые опыты съ мочевиной надъ овсомъ и ячменемъ и получилъ близкіе къ моимъ результаты. Т. могъ открыть и мочевины въ овсѣ. Опредѣленіе разныхъ формъ азота въ овсѣ показало сходное содержаніе ихъ и отношенія между ними, найденныя мной. Зола содержалась менѣе въ мочевиновыхъ растеніяхъ (11,84% сух. вещ.), чѣмъ въ нитратныхъ (15,21%), но первыя были значительно богаче P_2O_5 (27,27% золы), чѣмъ послѣднія (20,61%). Такимъ образомъ я имѣю право сказать, что мои эксперименты съ мочевиной, произведенные въ экономическомъ кабинетѣ Юрьевского университета, впервые безъ сомнѣнія доказали, что мочевина служитъ хорошей, не отступающей отъ нитрата, азотистой пищей для изслѣдованныхъ мною растеній. Этотъ фактъ стоитъ тоже въ согласіи съ наблюденіями на практикѣ и подтверждается изслѣдованіями новѣйшаго времени. Опыты съ маисомъ мной не были поставлены, такъ какъ въ Юрьевѣ трудно достать хорошія сѣмена. Разложенія мочевоксилаго натрія тоже не произошло во все время вегетаціи названныхъ растеній. Только у гиппуровоксилаго натрія это имѣло мѣсто, вслѣдствіе чего надземныя части растеній начали хуже развиваться, корни мало измѣнили свой цвѣтъ и образовалась слизь на нихъ. Хотя вскорѣ послѣ того растенія менѣе продолжительно, лишь въ теченіе 3—5 час., оставались въ растворахъ съ этимъ веществомъ, ростъ растеній сравнительно хорошо поправился и образованіе слизи прекратилось, я все-таки считалъ нужнымъ повторить этотъ опытъ въ 1900 году. Вмѣстѣ съ этимъ веществомъ были испытаны еще и другія азотистыя вещества и результаты будутъ въ скоромъ времени опубликованы.

Другія работы по вопросу дѣйствія аммонійныхъ солей мнѣ не извѣстны за неимѣніемъ новыхъ журналовъ.

Послѣ обзора и разсмотрѣнія сравнительныхъ опытовъ съ нитратами и амміачными солями, выбранныхъ мной изъ всего числа произведенныхъ опытовъ, перейду къ собственнымъ опытамъ въ этомъ отношеніи.

Референтъ производилъ свои опыты такимъ образомъ, что онъ достаточно часто, ежедневно, возобновлялъ питатель-

ные растворы. Азотистый питательный материалъ былъ предоставленъ какъ особый, каждый разъ свѣже приготовленный, растворъ въ теченіе 4—5 часовъ ежедневно съ прибавкой CaCO_3 или безъ него. Такимъ образомъ аммонійныя соли были доступны растеніямъ, какъ таковыя. Сосуды каждый разъ тщательно очищались и покрывались очищенными парафинированными пробками. Приведеннымъ методомъ исключается вліяніе солей на процессъ прорастанія сѣмянъ и испытывается, какъ растенія поглощаютъ и ассимилируютъ ихъ, въ чемъ именно состоитъ задача такихъ опытовъ. Кромѣ того, съ помощью этого способа растенія могутъ вырастать при болѣе естественныхъ условіяхъ, а именно ихъ надземныя части находятся во все время опыта, который можетъ быть даже болѣе длительнымъ, въ естественной атмосферѣ. Для опыта берутся хорошія и цѣльныя зерна одинаковаго наружнаго вида и вѣса, которыя хорошенько и достаточно стерилизуются, такъ что убиваются также и внутри ихъ находящіяся грибы и бактеріи. Для этой цѣли сначала намачиваютъ зерна въ холодной водѣ 5 часовъ, затѣмъ обрабатываютъ ихъ теплой водой въ 54°C въ теченіе 10 минутъ, затѣмъ сушатъ ихъ въ чистой сушильнѣ и наконецъ дезинфицируютъ ихъ растворомъ сулемы въ 1%, дѣйствующимъ въ теченіе 30 минутъ, и чистятъ ихъ стерилизованной водой. Затѣмъ даютъ имъ прорасти въ чистыхъ термостатахъ на стерильномъ ложѣ для проращиванія, откуда они послѣ достаточнаго развитія корешковъ переводятся на обтянутые парафинированной матеріей обручи, которые стерилизованы и расположены на стаканахъ, содержащихъ чистую стерилизованную воду. Нагруженные стаканы помѣщены въ стеклянный ящикъ, стерилизованный крѣпкимъ растворомъ сулемы. Здѣсь проростки остаются до тѣхъ поръ, пока не развилось 1—2 зеленыхъ листа. Вода въ стаканахъ тоже часто возобновляется, при чемъ принимаются мѣры для защиты культуръ отъ зараженія извнѣ. Изъ проростковъ отбираются тогда назначенныя для посадки растенійца возможно равномернаго развитія, съ длинными многочисленными корешками. Такіе проростки будутъ и въ послѣдствіи скорѣе одинаковымъ образомъ развиваться, поскольку это, конечно, позволяетъ питательный растворъ. Это обстоятельство составляетъ преимущество способа и дозволяетъ ограничиться меньшимъ числомъ растеній, отбираемыхъ для опытовъ. Хотя

и берутся сѣмена точно одинаковаго качества и вѣса, онѣ все-таки почти всегда будутъ неравномѣрно развиваться, что вызывается внутренними свойствами ихъ. Сказанное относится особенно къ пленчатымъ зернамъ, если при этомъ имѣются въ виду лишь хлѣбные злаки. Кромѣ того, нѣкоторыя сѣмена страдаютъ и отъ способовъ стерилизаци и поэтому не могутъ прорасти или даютъ лишь уродливый выростъ. Важно вообще избѣгать, какъ указано, вліянія изслѣдуемаго вещества на сѣмена, такъ какъ изучается не дѣйствіе вещества на сѣмя, а на растеніе. Очень молодое растеніе подобно сѣмени относится тоже чувствительнѣе къ дѣйствующимъ веществамъ, чѣмъ болѣе выросшее. Въ случаѣ посѣва необходимо производить опытъ съ бѣльшимъ числомъ сѣмянъ, для чего понадобятся болѣе громоздкіе приборы или большее число послѣднихъ при выборѣ стерильныхъ культуръ. Такіе опыты вызываютъ большіе расходы, чего не требуютъ описанные мной. Прилагаемый къ нимъ трудъ тоже сравнительно небольшой при нѣкоторомъ навыкѣ и хорошемъ помощникѣ. Хотя мой способъ несложенъ, онъ даетъ при тщательномъ и добросовѣстномъ производствѣ хорошіе результаты.

Мы производили свои опыты въ 1904 году надъ хлѣбными злаками. Такъ какъ и мои собственныя наблюденія указали на то, что маисъ можетъ съ тѣмъ же правомъ быть причисленъ къ растеніямъ, растущимъ въ кислой средѣ, и существуетъ большой рядъ опытовъ съ нимъ, то я подвергалъ испытанію другіе хлѣбные злаки, не отличающіеся упомянутымъ свойствомъ, а именно овесъ и ячмень. Для этой цѣли выбирались лучшіе сорта ихъ, происшедшіе изъ Лифляндіи. 100 зеренъ одпогриваго овса вѣсили 4,2143 гр., а четырехряднаго ячменя 4,0697 гр. Отсортированныя зерна отличались полною, нормальною всхожестью, хотя и были предварительно тщательно, какъ описано, стерилизованы. До посадки въ питательные растворы зерна подвергались вышеописанной подготовкѣ. Азотистая пища для этихъ растеній состояла, главнымъ образомъ, изъ сѣрнокислаго амміака, фосфорнокислаго аммонія и азотнокислаго натрія, при чемъ присутствовалъ или отсутствовалъ углекислый кальцій. Кромѣ того, надъ овсомъ производился еще опытъ съ хлористымъ аммоніемъ въ отсутствіи мѣла; при названномъ условіи эта соль, какъ я здѣсь вкратцѣ отмѣчу, болѣе всѣхъ прочихъ подавила развитіе овса.

Углекислый кальцій примѣнялся мной для изученія его вліянія на ростъ растеній, находящихся въ растворахъ съ упомянутыми азотистыми источниками. Можно было а priori предполагать, что онъ не можетъ благоприятствовать росту растеній, поглощающихъ азотъ въ формѣ нитрата и любящихъ нейтральную среду. Вообще неумѣстно примѣненіе мѣла у растеній, требующихъ или любящихъ для развитія среду кислой реакціи, какъ болотный рисъ, *Iuncus effusus*, *Sagittaria sagittifolia* (у всѣхъ трехъ наблюдалъ это явленіе Nagaoка) и другіе. Мансъ хорошо удается въ почвѣ кислой реакціи, какъ это наплы Maxwell¹⁾, Lehmann²⁾ и я. Названныя сейчасъ растенія и другія, сюда принадлежащія, не нуждаются въ мѣлѣ и въ томъ случаѣ, если азотъ дается въ видѣ амміачной соли. На основаніи сказаннаго я считалъ нужнымъ какъ у другихъ источниковъ азота, такъ и у нитрата поставить опыты съ прибавленіемъ мѣла и безъ него. Послѣдній опытъ былъ, такъ сказать, контрольный, чтобы установить разъ экспериментальнымъ путемъ, правильно ли мое вышесказанное предположеніе.

На 1000 куб. см. питательный растворъ содержалъ 0,264 или 0,1 или 0,05 гр. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; поэтому эта амміачная соль была испытана въ разныхъ концентраціяхъ, даже въ такихъ, какія въ опытахъ другихъ изслѣдователей не примѣнялись. Интересно было, именно, узнать, имѣтъ ли предѣла неблагоприятному вліянію этой соли на растенія. Концентраціи слабѣе примѣненныхъ не рекомендовались, потому что тогда растеніе могло обнаружить недостатокъ въ азотѣ. Фосфорнокислый аммоній примѣнялся мной въ концентраціяхъ 0,264 и 0,1‰, такъ какъ онъ, вообще, долженъ былъ въ меньшей степени неблагоприятно вліять. Соотвѣтственно высшему количеству азота въ видѣ названныхъ солей растенія получали 0,34 гр. NaNO_3 . Растворы, какъ амміачныхъ солей, такъ и прочіе были приготовлены непосредственно передъ самымъ употребленіемъ ихъ. Приведенныя количества азотистаго вещества не даны были сразу въ полномъ размѣрѣ, а постепенно въ теченіе 3 недѣль повышены до отмѣченной нормы. То же самое относится и къ безазотистому питательному мате-

1) Landwirt. Versuchsstationen, т. L, 1898, стр. 325 и слѣд.

2) Цитированъ въ уже упомянутой работѣ Ehrenberg'a.

ріалу. Концентрированный растворъ послѣдняго содержалъ въ 1000 куб. см. 2,96 гр. KCl , 2,22 гр. $CaCl_2$, 1,35 гр. KH_2PO_4 и 1,91 гр. $MgSO_4 + 7H_2O$. Этого раствора растенія получали частью въ зависимости отъ степени ихъ развитія отъ 20—100 куб. см. Опыты съ овсомъ начались 27-го мая и опыты съ ячменемъ 29-го мая 1904 г.; полное количество, 100 куб. см., растенія получали начиная съ 17-го іюня. Желѣзо прибавлялось въ видѣ фосфорнокислой окиси, и притомъ въ небольшомъ количествѣ; она находилась въ свѣжеосажденномъ кашицеобразномъ состояніи. $CaCO_3$ растенія получали вначалѣ, т.-е. до 16-го іюня, въ количествѣ 0,4 гр., а съ 17-го іюня до конца опыта въ повышенномъ, до 1 гр. Всѣ соли примѣнялись во исполнѣ чистомъ видѣ, вода была свѣже дистиллированная и чистая. Подробности, относящіяся къ производству культуръ, насколько онѣ не измѣнены вышесказаннымъ, упоминаются въ прежде изданной брошюрѣ автора „Культурное растеніе и органическія азотистыя соединенія“ (перев.). Отд. оттискъ изъ Протоколовъ Общества Естествоиспытателей при Юрьевскомъ Университетѣ за 1899 г.

Во время выращиванія своихъ растеній референтъ по возможности внимательно слѣдилъ за ними: отмѣчено было появленіе каждаго листа, побѣга и колоса или метелки. Не стану приводить здѣсь сроковъ появленія названныхъ частей растеній. Они содержатся въ работѣ моего сотрудника, кандидата сельскаго хозяйства Константина Сильвестровича Магуры, который выращенныя мной растенія взвѣшивалъ и подвергалъ подѣ моимъ контролемъ химическому изслѣдованію. Сообщаю здѣсь нѣкоторыя общія замѣтки, которыя составлялись мною время отъ времени и важны въ томъ смыслѣ, что онѣ указываютъ на вліяніе выбранныхъ аммонійныхъ солей и азотнокислой соли на развитіе растеній въ различныхъ фазисахъ. Что касается овса, то начиная съ 6-го іюня верхніе концы всѣхъ листьевъ растеній, получавшихъ азотъ въ видѣ амміачныхъ солей, принимали окраску болѣе или менѣе бѣловатую и желтоватую. 29-го іюня референтъ отмѣтилъ, что всѣ вновь образующіеся листья у всѣхъ амміачныхъ растеній имѣли на своей верхушкѣ бѣлыя пятнышки, которыя потомъ принимали темножелтый цвѣтъ; у этихъ же растеній было замѣтно болѣе слабое развитіе корней, какъ бы независимо отъ того, получали ли растенія $CaCO_3$ или нѣтъ, хотя и между этими груп-

нами растений замѣчались нѣкоторыя отличія. Нитратныя растенія не показали такихъ явленій и отличались отъ аммонійныхъ болѣе широкой листвею. 12-го іюля референтъ отмѣтилъ, что корни растений, получавшихъ амміачную соль и CaCO_3 , оказались лучше развитыми, чѣмъ тѣ, которыя остались безъ CaCO_3 . Около середины августа референтъ наблюдалъ у растений, получавшихъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$, болѣе число побѣговъ, чѣмъ у тѣхъ, которыя не получали CaCO_3 ; это явленіе не было замѣтно у растений, которымъ служилъ источникомъ азота фосфорнокислый аммоній. Обнаружено было также болѣе число побѣговъ у растений, получавшихъ азотъ въ видѣ NaNO_3 безъ прибавки CaCO_3 . Число метелокъ также показало тѣ же самыя отношенія. Что касается развитія ячменя, съ которымъ опытъ начался 29-го мая, то 12-го іюня верхушки растений, получавшихъ амміачную соль, обладали грязновато-зеленымъ цвѣтомъ. Во второй половинѣ іюня всѣ растенія, получавшія $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ безъ CaCO_3 , были менѣе хорошаго вида: ихъ надземныя части отличались желтовато-зеленымъ цвѣтомъ; хлорофиллъ былъ у нихъ расположенъ полосами и иногда верхній листъ оказывался хлоротическимъ. Къ концу іюня корни этихъ растений были короче и толще; вновь развивающіеся корешки остались болѣе короткими и ихъ кончики обладали буроватымъ цвѣтомъ. Развѣтвленіе ихъ произошло хуже. Волоски показались въ меньшемъ числѣ. Растенія, получавшія фосфорнокислый аммоній безъ CaCO_3 , въ это время не отличались отъ нитратныхъ. Около 10-го іюля у растений, питавшихся фосфорнокислымъ аммоніемъ, наблюдалось худшее развитіе, чѣмъ у растений, получавшихъ также и CaCO_3 .

При сборѣ, происшедшемъ около середины сентября вслѣдствіе пожелтѣнія листвею у части побѣговъ, опредѣлялся видъ корневой системы и измѣрялась ея длина и ширина, устанавливалось число побѣговъ, какаго порядка каждый побѣгъ, его длина, число листвею и колѣнъ каждаго побѣга, ширина листа, длина колоса или метелки и точный видъ послѣднихъ. На основаніи этихъ данныхъ можно охарактеризовать главныя части растений, выращенныхъ въ растворахъ съ различными формами азота въ присутствіи или въ отсутствіи CaCO_3 , вкратцѣ слѣдующимъ образомъ. Надземныя части овса сильно уменьшились въ числѣ, когда $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ безъ CaCO_3 служилъ источникомъ азота. Прибавка CaCO_3 очень увеличила число побѣговъ.

Этого не наблюдалось у $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. При немъ CaCO_3 мало повысиль число побѣговъ. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ далъ столько же побѣговъ, сколько $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$. Гораздо бѣльшее число побѣговъ было получено отъ NaNO_3 . $\text{NaNO}_3 + \text{CaCO}_3$ же сильно уменьшилъ число побѣговъ, такъ какъ оно тогда было равно числу побѣговъ, найденному у овса, питавшагося $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$. Очень мало вліяли амміачныя соли и прибавка къ нимъ CaCO_3 на длину растеній овса. NaNO_3 далъ во всякомъ случаѣ самыя длинныя стебли и наибольшее число таковыхъ, что однако было редуцировано прибавкою CaCO_3 . Бѣльшая ширина листа была констатирована у нитратнаго растенія. У ячменя улучшение развитія обыкновенно (за исключеніемъ фосфорнокислаго аммонія) менѣе выражалось числомъ побѣговъ, чѣмъ высотой растеній или ихъ побѣговъ. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ высшей концентрации въ отсутствіи CaCO_3 уменьшилъ также и число длинныхъ побѣговъ. Побѣги самой бѣльшей длины далъ NaNO_3 , а $\text{NaNO}_3 + \text{CaCO}_3$ понизилъ высоту ихъ.

Перейду теперь къ опредѣленію вѣса убранныхъ растеній и ихъ частей и къ химическому изслѣдованію ихъ. Обѣ задачи исполнилъ, какъ упомянуто, мой сотрудникъ кандидатъ К. С. Магура. Растенія и ихъ части были сначала взвѣшены въ воздушно-сухомъ состояніи, а затѣмъ послѣ достаточнаго размельченія была опредѣлена содержащаяся въ нихъ влага, чтобы узнать количество содержащагося сухого вещества. Кромѣ того, въ надземныхъ частяхъ двухъ растеній, относящихся къ каждому отдѣльному опыту, опредѣлялось процентное содержаніе общаго и протеиноваго азота, перваго по методу Kjeldahl-Jodlbauer'a, а послѣдняго — по методу Stutzer'a.

Что касается вѣсовыхъ отношеній растеній овса, то изъ *таблицы I* видно, что $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ высшей концентрации сильно понизилъ количество корней, такъ что отношеніе между послѣдними и надземными частями этихъ растеній очень широкое, равняется 1 : 23,2; вмѣстѣ съ тѣмъ и вѣсъ надземныхъ частей самый низкій, наблюдаемый при опытахъ надъ овсомъ. Получше развиты растенія при средней концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Дальнѣйшее улучшение было констатировано при низшей концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, хотя отношеніе корней къ надземнымъ частямъ равно все-таки еще 1 : 19,57. Прибавленіе CaCO_3 къ растворамъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ гораздо больше, чѣмъ концентрація

послѣдняго, улучшаетъ развитіе растеній и повышаетъ ихъ вѣсъ; въ этихъ случаяхъ при высшей концентраціи $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ констатируется самый высшій вѣсъ надземныхъ частей, однако корни еще больше страдаютъ, такъ что отношеніе корней къ надземнымъ частямъ равно 1:13,804. Низшія концентраціи при этомъ способствуютъ еще лучшему развитію корней, но обнаруживаютъ менѣе хорошее вліяніе на развитіе надземныхъ частей, такъ что отношенія сильно суживаются. У ячменя корни менѣе страдаютъ отъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, а надземныя части страдаютъ такъ же какъ у овса, почему отношенія между корнями и надземными частями колеблются между 1:10,401—8,448. Послѣднее отношеніе при этомъ условіи встрѣчается при низшей концентраціи, которая вызвала лучшее развитіе корней, чему не соотвѣтствуетъ улучшеніе надземныхъ частей. Прибавленіе CaCO_3 къ раствору $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ еще повышаетъ количество корней, а также и усиливаетъ развитіе надземныхъ частей, вслѣдствіе чего отношенія расширяются. Самый высшій вѣсъ надземныхъ частей и корней ячменя полученъ, какъ и у овса, отъ самой высшей концентраціи $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$. Но вѣсъ ячменя выше, чѣмъ вѣсъ овса.

Фосфорнокислый аммоній въ отсутствіи CaCO_3 понижаетъ величину урожая корней и надземныхъ частей овса, хотя и не въ такой степени, какъ дѣйствіе $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; отношенія между корнями и надземными частями приближаются къ полученнымъ отъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Прибавка CaCO_3 къ раствору $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ даетъ улучшеніе, и лучше всего развиты корни при меньшей концентраціи. Но надземныя части не соотвѣтственно развиты. У ячменя фосфорнокислый аммоній вліяетъ также угнетающе на развитіе корней, но все-таки опять менѣе, чѣмъ у овса. Надземныя части ячменя менѣе подвергаются такому вліянію, чѣмъ корни, на что указываютъ и болѣе широкія отношенія корней къ надземнымъ частямъ. Совмѣстное внесеніе CaCO_3 благоприятствуетъ развитію корней, особенно тѣхъ растеній, которыя выращивались при низшей концентраціи $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Но ростъ воздушныхъ частей не соотвѣтствуетъ развитію корней. Однако, средній вѣсъ, ячменнаго растенія сравнительно высокій. Вообще, при опытахъ съ фосфорнокислымъ аммоніемъ низшая концентрація даетъ лучший урожай за исключеніемъ случая примѣненія $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ у ячменя (оба растенія обладаютъ при этомъ очень низкимъ

вѣсомъ). Хотя фосфорнокислый аммоній гораздо менѣе ухудшаетъ ростъ (это особенно относится къ ячменю) въ сравненіи съ сѣрнокислымъ, однако, при этихъ опытахъ средній вѣсъ всего растенія рѣдко достигаетъ величины, получаемой отъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$, что имѣетъ мѣсто скорѣе у ячменя.

Далеко превосходитъ аммонійныя соли нитратъ безъ прибавки CaCO_3 какъ у овса, такъ и у ячменя, при примѣненіи съ тѣмъ же количествомъ азота. $\text{NaNO}_3 + \text{CaCO}_3$ сильно понижаетъ вѣсъ всего растенія и его отдѣльныхъ частей, такъ что величины становятся очень близкими къ полученнымъ отъ высшей концентраціи $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$. Сравненіе здѣсь вполне возможно, такъ какъ эта концентрація соотвѣтствуетъ таковой NaNO_3 . Поэтому, этотъ опытъ ясно показываетъ, что излишне повышенная щелочность также вредитъ росту растеній и также способна неблагоприятно вліять на развитіе корней, что особенно относится къ овсу. Примѣненіе мѣла при дѣйствіи нитрата ничѣмъ не оправдывается и можетъ лишь вести къ неправильнымъ заключеніямъ о дѣйствіи нитратовъ и амміачныхъ солей, какъ доказываютъ эти опыты. Такъ какъ почти во всѣхъ прежнихъ опытахъ вмѣстѣ съ нитратомъ былъ внесенъ мѣлъ, то они, конечно, должны были имѣть слѣдствіемъ результатъ: аммонійныя соли дѣйствуютъ такъ же хорошо, какъ нитраты. Конечно, для нѣкоторыхъ культурныхъ растеній, между прочимъ и для кукурузы, это положеніе болѣе или менѣе правильно. Кукуруза какъ бы представляетъ переходъ къ той группѣ растеній, которыя лучше используютъ амміачныя соли, чѣмъ нитраты. Кукуруза хорошо переноситъ кислую среду.

Слѣдовательно, эти эксперименты привели къ тому результату, что при правильной постановкѣ сравнительныхъ опытовъ съ амміачными солями и нитратами получаютъ значительно разнящіяся величины урожаевъ, по крайней мѣрѣ, у овса и ячменя и у сходно относящихся къ средѣ растеній, а не близкія, какъ при неправильной постановкѣ опытовъ. А почти всѣ важныя опыты производились послѣднимъ путемъ.

Опредѣленія содержанія общаго и протеиноваго азота дали слѣдующіе результаты, сгруппированные въ таблицу II. Ячмень оказывается почти всегда (за исключеніемъ 4 случаевъ) богаче овса общимъ и протеиновымъ азотомъ, что объясняется тѣмъ, что первый лучше используетъ азотъ, какъ растеніе,

вообще болѣе требовательное къ питательнымъ веществамъ. Обратимся сперва къ результатамъ изслѣдованія овса, выросшаго при различныхъ формахъ азота и, кромѣ того, при комбинаціяхъ послѣднихъ съ мѣломъ. Что касается дѣйствія $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ на овесъ, то видно, что этотъ источникъ азота сильно увеличиваетъ въ сравненіи съ NaNO_3 содержаніе особенно общаго, а также и протеинового азота. Содержаніе азота въ этихъ растеніяхъ находится въ зависимости отъ концентраціи $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: чѣмъ выше послѣдняя, тѣмъ выше и первое. Съ пониженіемъ концентраціи этой соли усиливается переходъ общаго азота въ протеиновый, что понятно; только низшая концентрація не показываетъ этой необходимой правильности. Абсолютныя количества общаго и протеинового азота отличаются болѣе-менѣе постоянствомъ, такъ какъ низшее содержаніе уравнивается поднятіемъ урожая. Прибавка CaCO_3 къ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ значительно понижаетъ вообще содержаніе азота и полученныя при низшей концентраціи соли цифры близки къ таковымъ по дѣйствію NaNO_3 . Вышеупомянутыя законности, относящіяся къ вліянію концентраціи соли на величины содержанія общаго и протеинового азота и послѣдняго по отношенію къ общему азоту, здѣсь тоже наблюдаются. Maximum протеинового азота по отношенію къ общему азоту представляетъ 51,85%, цифру, слѣдующую за найденными 52,99% для нитрата. Абсолютныя количества азота разной формы соответственно увеличеннымъ урожаямъ оказываются высшими. Эти количества опять уменьшаются отъ высшей концентраціи соли къ низшей, что стоитъ въ зависимости отъ процентнаго содержанія. На ячмень вліяютъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$ обыкновенно такимъ же образомъ какъ на овесъ: проявляются приведенныя у послѣдняго законности. Исключеніе состоитъ въ томъ, что содержаніе протеинового азота въ ячменѣ при высшей концентраціи $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ менѣе высокое, чѣмъ при низшихъ, чему причину слѣдуетъ искать въ недостатокѣ углеводовъ. При самой низкой концентраціи этой соли гораздо большій процентъ общаго азота переходитъ въ протеиновый; этотъ процентъ достигаетъ еще высшаго предѣла по прибавкѣ CaCO_3 къ соли. Сильное повышеніе протеинового азота по отношенію къ общему наблюдается въ этомъ случаѣ также и при средней концентраціи соли. Напротивъ, эта быстрота обращенія азота, особенно при низшей концентраціи, сопро-

вождается самымъ низкимъ содержаніемъ общаго и протеинового азота, наблюдаемымъ у ячменя, что объясняется малымъ количествомъ предоставленнаго азотистаго матеріала. Абсолютныя количества названныхъ формъ азота ячменя въ случаѣ дѣйствія $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ почти всегда меньше таковыхъ въ овсѣ вслѣдствіе болѣе низкихъ урожаевъ, получаемыхъ отъ ячменя. Лишь при самой низкой концентраціи соли соответственно высшему процентному содержанію протеинового азота и абсолютное количество его мало повышается въ сравненіи съ овсомъ. По прибавкѣ же CaCO_3 къ раствору $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ абсолютное содержаніе общаго и протеинового азота въ ячменѣ почти всегда сильно возрастаетъ; особенно это имѣетъ мѣсто при высшей концентраціи соли, которая производитъ самое большое количество общаго азота, найденное при опытахъ съ ячменемъ. Повышеніе абсолютныхъ количествъ азота обѣихъ формъ въ этихъ случаяхъ объяснимо высшими урожаями, получаемыми отъ этого растенія, и частью и его высшимъ процентнымъ содержаніемъ азота, въ сравненіи съ овсомъ; лишь средняя и низшая концентраціи имѣли слѣдствіемъ малое пониженіе процентнаго содержанія общаго азота.

Какъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, такъ и $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ обуславливаетъ высокое процентное содержаніе азота въ изслѣдованныхъ растеніяхъ. На высоту содержанія мало вліяетъ концентрація соли, хотя при низшей концентраціи наблюдается обыкновенно небольшое пониженіе содержанія за исключеніемъ такового протеинового азота въ ячменѣ, которое сильнѣе уменьшается. Протеиновый азотъ представляетъ большій процентъ общаго, чѣмъ въ растеніяхъ по $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Самое высшее содержаніе протеинового азота по отношенію къ общему азоту констатируется только по $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{CaCO}_3$. Въ послѣднемъ случаѣ при высшей концентраціи соли возрастаетъ процентное содержаніе общаго азота больше въ ячменѣ, чѣмъ въ овсѣ. Овесъ отличается при тѣхъ же условіяхъ высшимъ содержаніемъ протеинового азота. Пониженіе концентраціи соли уменьшаетъ содержаніе азота въ овсѣ. Абсолютныя количества разныхъ формъ азота въ овсѣ мало разнятся и стоятъ въ нѣкоторой зависимости отъ высоты урожаевъ. Для ячменя приводится самое высшее содержаніе общаго азота по внесеніи въ растворъ максимальнаго количества $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ вмѣстѣ съ CaCO_3 . Съ другой стороны, это содержаніе очень значительно, болѣе, чѣмъ на

половину, убываетъ при пониженіи концентраціи соли. Вмѣстѣ съ тѣмъ наблюдается очень высокій процентъ образуемаго протеина. Абсолютныя количества азота въ ячменѣ сравнительно высокія и регулируются какъ процентнымъ содержаніемъ его, такъ и высотой урожая растений. Мало азота оказывается въ растеніи по дѣйствию CaCO_3 и амміачной соли высшей концентраціи, такъ какъ урожай былъ низкій, хотя сухая масса и очень богата азотомъ.

Поглощая азотъ въ формѣ нитрата, растенія обѣднѣваютъ какъ общимъ, такъ и протеиновымъ азотомъ. Но при этомъ послѣдній составляетъ большой процентъ перваго. У овса NaNO_3 вызываетъ самое низкое содержаніе обѣихъ формъ азота, которое вообще наблюдается въ рядѣ этихъ опытовъ. Но, напротивъ, абсолютныя количества формъ азота въ овсѣ самыя высокія, что обусловливается богатыми урожаями. У ячменя содержаніе обѣихъ формъ азота тоже низкое, немного выше найденнаго при самой низкой концентраціи $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$. Абсолютныя количества азота въ ячменѣ большія; большія количества общаго азота отмѣчены только для высшей концентраціи $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$, что здѣсь вызвано особенно высокимъ содержаніемъ азота въ этихъ растеніяхъ. NaNO_3 производитъ самое крупное количество протеиноваго азота, найденное при опытахъ съ ячменемъ. NaNO_3 съ прибавкой CaCO_3 повышаетъ болѣе или менѣе содержаніе формъ азота въ растеніяхъ и вмѣстѣ съ тѣмъ понижаетъ процентъ образуемаго протеина. Это болѣе выражено у ячменя, чѣмъ у овса. Такъ какъ въ этомъ случаѣ урожай были меньшіе, чѣмъ въ отсутствіи CaCO_3 , то абсолютныя количества разнаго азота значительно ниже, особенно у овса. Можно утверждать, что такія растенія, выращиваемыя при большей, чѣмъ нужно, щелочности питательной среды, сходны въ этомъ отношеніи съ тѣми растеніями, которымъ служили источникомъ азота аммонійныя соли въ присутствіи CaCO_3 . Поэтому лишняя щелочность среды дѣйствуетъ подобно излишней кислотности. Это положеніе имѣетъ значеніе, во-первыхъ, для овса и ячменя, а во-вторыхъ, для всей группы растений, которыя требуютъ для роста почти нейтральной реакціи среды.

Результаты, полученные мной, показываютъ, что внесеніе мѣла въ растворъ, содержащій нитратъ, уменьшаетъ высоту урожая растенія до того уровня, который получается съ

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$. Такимъ образомъ и ясно, что большинство до сихъ поръ произведенныхъ сравнительныхъ опытовъ съ нитратомъ и сѣрнокислымъ амміакомъ давало результатъ одинаковаго дѣйствія обоихъ видовъ азота, такъ какъ эти опыты разныхъ изслѣдователей производились именно съ нитратомъ въ присутствіи мѣла, чтобы уравнить условія питанія. Однако, нельзя обращать свое вниманіе на это, а нужно выбирать смотря по природѣ азотистаго соединенія требуемая послѣднимъ условія для питанія растений. Приходится именно, какъ это доказалъ покойный П. С. Коссовичъ, выбирать правильныя „гигіеническія условія“. Нѣкоторые изслѣдователи при мѣняли гипсъ вмѣсто мѣла, но и онъ можетъ болѣе-менѣе превращаться дѣйствіемъ выдѣляемой корнями углекислоты въ CaCO_3 , что можетъ скорѣе случиться при стерильномъ субстратѣ.

Наши опыты съ очевидностью доказываютъ, что урожаи овса и ячменя и подобныхъ въ этомъ отношеніи растений при выборѣ источника азота въ формѣ амміачной соли, хотя и фосфорнокислой, ниже, чѣмъ при выборѣ такового въ формѣ нитрата. Далѣе отмѣчаемъ, что амміачныя растения при достаточномъ запасѣ азота въ средѣ богаче общимъ и протеиновымъ азотомъ, чѣмъ нитратныя. Но первыя могутъ показать и одинаковое или меньшее содержаніе азота сравнительно съ нитратными, если они должны чувствовать нѣкоторый недостатокъ въ азотѣ и присутствуетъ мѣлъ. Между развитіемъ овса и ячменя, получающихъ азотъ въ видѣ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, наблюдается нѣкоторая разница. Корни овса развиваются при этомъ хуже, чѣмъ корни ячменя. Но воздушные органы первого растения стремятся къ лучшему развитію, чѣмъ тѣ же органы ячменя. Такимъ образомъ послѣднее растение представляется менѣе развитымъ, чѣмъ овесъ, если они получаютъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Прибавка къ послѣднему CaCO_3 ведетъ ячмень къ лучшему развитію, чѣмъ овесъ. Въ этомъ высказываются особенности этихъ двухъ культурныхъ растений. Подобное показываютъ и опыты съ фосфорнокислымъ аммоніемъ. Такъ какъ прибавка мѣла къ нитрату наиболѣе неблагоприятно дѣйствуетъ на овесъ, то можно заключить, что овесъ скорѣе переноситъ среду кислой реакціи, какъ нашель Шубекъ, а ячмень среду слабо щелочной реакціи.

Содержаніе золы въ овсѣ по опредѣленіямъ М. Т. Талаева, произведеннымъ въ 1900 г. въ экономическомъ каби-

нетъ Юрьевскаго Университета, ниже въ томъ случаѣ, если ему служить источникомъ азота амміачная соль. Такъ Т. нашелъ для овса, выращиваемаго въ растворахъ съ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 11,74 и 12,85%, а для выращиваемаго въ растворѣ съ NaNO_3 — 15,21%. Изъ этого явствуетъ, что растенія, поглощая азотъ амміачной соли, не такъ истощаютъ среду, какъ растенія, использующія нитратный азотъ. То же самое нашелъ Т. и для мочевины, т.е. при внесеніи въ среду азота въ видѣ мочевины.

Полученные мною результаты съ амміачными солями приводятъ къ слѣдующимъ заключеніямъ. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ уже въ слабыхъ концентраціяхъ вызываетъ появленіе редукціи корневой системы овса и ячменя: при моихъ опытахъ наблюдалась значительная редукція уже при концентраціи 0,005%. Вмѣстѣ съ тѣмъ появляется и подавленіе роста надземныхъ органовъ этихъ растеній. Эти дефекты роста растеній держатся до того времени, когда они оканчиваютъ свой вѣкъ, что противорѣчитъ наблюденію Pitsch'a, по которому растенія съ прогрессирующимъ возрастомъ поправляются. Нѣкоторое усиленіе роста растеній совершается, если вносится въ питательный растворъ на ряду съ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ мѣль. Гораздо меньшая редукція корней и стеблей вызывается замѣной $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ солью $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Это наблюденіе, по моему мнѣнію, ведетъ къ заключенію, что не только поглощаемый амміакъ слѣдуетъ считать виновникомъ страданія органовъ, но и встрѣчающуюся въ растворѣ съ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ сѣрную кислоту. Послѣдняя нейтрализуется совмѣстнымъ внесеніемъ CaCO_3 . Но такимъ образомъ редукція органовъ устраняется не во всемъ объемѣ, а только частью. Полное или, правильнѣе сказать, почти полное обезвреживаніе $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ достигается слѣдующимъ образомъ, а именно, на основаніи опытовъ профессора Д. Н. Прянишникова и И. С. Шулова, совмѣстнымъ внесеніемъ въ такой растворъ азотнокислыхъ солей въ полныхъ дозахъ, а также и внесеніемъ въ него глюкозы или вообще растворимыхъ углеводовъ, которые переводятъ вредный амміакъ въ безвредный аспарагинъ. Обезвреживаніе дѣйствія $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ при помощи глюкозы нашелъ экспериментальнымъ путемъ Г. Г. Петровъ, хотя для этой цѣли былъ поставленъ только одинъ сосудъ съ 4 растеніями (5 сѣменами). Какъ уже въ обзорѣ литературы по интересующему насъ вопросу изложено,

Г. Г. Петровъ нашелъ при этомъ опытѣ почти нормальное развитіе корней кукурузы, а развитіе воздушныхъ органовъ ея было не вполнѣ соответствующее, на что я указалъ при разсмотрѣніи его опытовъ. Въ опытѣ Петрова дѣйствовала не только глюкоза, но вмѣстѣ съ ней и мѣль. Возможно, что послѣдній вызвалъ ухудшеніе роста надземныхъ органовъ растений. Слѣдовало бы повторить этотъ опытъ и дополнить его выборомъ и другихъ растений. Опытъ Петрова, а также и мои опыты даютъ указаніе, что и хлѣбные злаки нуждаются въ приведеніи углеводовъ извнѣ, хотя они богаты углеводами. Примѣненный въ моихъ опытахъ фосфорнокислый аммоній также дополняетъ раньше произведенные опыты съ амміачными солями. Не лишне было бы поставить новые опыты съ углекислымъ аммоніемъ, потому что есть разногласіе относительно его дѣйствія на растенія. Опытъ И. С. Шулова съ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ и полученный имъ результатъ говорятъ противъ того, что соли аммонійныя вредятъ, какъ таковыя. Или, можетъ быть, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ отзывается особенно задерживающе на дѣятельности ферментовъ въ организмѣ растений, какое свойство въ меньшей степени или совсѣмъ не присуще NH_4NO_3 . Интересно было бы производить опыты съ амміачными солями въ связи съ каталитически дѣйствующими соединеніями, которымъ принадлежитъ важное значеніе въ питаніи растений.

Въ заключеніе моей статьи хочу еще разъ привести какъ болѣе важныя заключенія изъ моихъ изслѣдованій слѣдующія. Аммонійныя соли гораздо хуже питаютъ азотомъ хлѣбные злаки, а также, вѣроятно, и другія культурныя растенія, чѣмъ азотнокислыя соли. Однако, фосфорнокислый аммоній даетъ всегда лучшій ростъ, чѣмъ сѣрнокислый, особенно у ячменя. Далѣе установлено, что найденная во многихъ случаяхъ при стерильныхъ культурахъ близость эффектовъ дѣйствія нитратовъ и нѣкоторыхъ аммонійныхъ солей получается неправильнымъ примѣненіемъ углекислаго кальция при питаніи растений нитратами.