



Н.С. АВДОНИН

Свойства

почвы

и урожай

Н. С. АВДОНИН

Свойства почвы и урожай

(Влияние свойств почвы
и удобрений на стойкость
и урожайность растений)



ИЗДАТЕЛЬСТВО «КОЛОС»

МОСКВА — 1965

УДК 631.41:631.531.13

От автора

В течение двух десятилетий в нашей стране будет создано всесторонне развитое сельское хозяйство — обязательное условие построения коммунизма. В Программе КПСС сказано: «В целях полного удовлетворения потребностей всего населения и народного хозяйства в сельскохозяйственных продуктах ставится задача увеличить общий объем продукции сельского хозяйства за 10 лет примерно в два с половиной раза, а за 20 лет — в три с половиной раза».

Существенную роль в разрешении этой проблемы должны сыграть районы нечерноземной зоны, которая занимает свыше 50% территории нашей страны. По данным Л. И. Прасолова, общая площадь нечерноземной зоны 11 520 тыс. кв. км: 6998 тыс. кв. км — равнинная часть и 4522 тыс. кв. км — горные районы.

Климатические условия здесь весьма благоприятны для возделывания многих сельскохозяйственных культур. Отрицательное влияние низких температур смягчается высоким снежным покровом, который защищает озимые растения от вымерзания. Достаточное количество атмосферных осадков выгодно отличает нечерноземную зону от других районов нашей страны: она избавлена от губительных засух, которые нередко наблюдаются в степи. Вполне достаточно здесь тепла и света.

Показателем исключительно больших возможностей подъема урожайности в нечерноземной зоне является опыт передовых колхозов и совхозов, которые, применяя достижения науки и практики, получают высокие и устойчивые урожаи всех культур.

Однако во многих хозяйствах зоны урожаи остаются пока невысокими.

Главная причина низких урожаев в нечерноземной зоне заключается в том, что почвы здесь бедны питательными веществами,

обладают излишней кислотностью, содержат вредные для растения вещества (алюминий и марганец в подвижной форме, токсичные выделения микроорганизмов и др.), имеют неудовлетворительные физические свойства; в них слабо развиты микробиологические процессы, способствующие повышению почвенного плодородия. Вследствие этого урожайность растений понижается, а многие из них гибнут не только зимой, но и в весенне-летний безморозный период.

Раньше полагали, что гибель озимых культур происходит от вымерзания, выпревания, вымокания, ледяной корки и других причин. Влияние свойств почв на стойкость растений не учитывали. Наши работы показали, что стойкость растений зимой и в безморозный период и их урожай прежде всего зависят от свойств почвы и удобрений.

Экспериментальную часть исследований мы более десяти лет проводили в Московском государственном университете и на его Агробиологической станции под Москвой. Большую помощь автору оказали сотрудники кафедры агрохимии МГУ Б. М. Зеликсон, Л. А. Лебедева, Е. В. Кузина, Е. П. Миловидова, Т. П. Фроловская, которых он горячо благодарит.

Материал о влиянии свойств почвы, удобрений и условий зимовки на биохимические процессы, протекающие в растениях клевера, написан совместно с Л. А. Лебедевой, а в растениях озимой ржи в соавторстве с Б. М. Зеликсон.

ВВЕДЕНИЕ

Растения могут противостоять неблагоприятным факторам внешней среды — низким или чрезмерно высоким температурам, недостатку или избытку воды, избытку солей в почве и другим, то есть они обладают стойкостью. Вследствие этого различают холодостойкость, зимостойкость, засухоустойчивость, солевыносливость и т. д. Стойкость зависит от физиологических особенностей растений и от внешней среды, в которой они находятся.

О зимостойкости озимых написано немало книг. В результате многочисленных исследований, проведенных в Советском Союзе и за границей, созданы различные теории и гипотезы, объясняющие гибель озимых культур. Сейчас считают, что озимые выпадают от вымерзания, выпревания, вымокания, выпирания, ледяной корки, от зимне-весенней засухи и других причин.

Растения вымерзают от сильных морозов, особенно в малоснежные или бесснежные зимы. Выпревание, наоборот, происходит тогда, когда озимые длительное время находятся под большим слоем снега, выпавшим на талую почву. В этом случае температура в зоне утолщения растений опускается немного ниже нуля, и гибель происходит не от избытка холода, а скорее от его недостатка.

Озимые культуры выпадают при застое воды на поле (вымокание). Замерзая, она образует притертую или вишачую ледяную корку, которая также может явиться причиной гибели растений.

Ледяная корка иногда образуется за счет воды, поднимающейся по капиллярам из нижних слоев почвы. Такое явление обычно происходит при небольших ночных заморозках (не ниже 7°). Днем часть промерзшего верхнего слоя оттаивает, а не оттаявший слой способствует притоку водяных паров из нижних горизонтов почвы и последующему их замерзанию. Происходит это следующим образом. Водяные пары почвы, соприкасаясь со слоем льда, образованным во время заморозков, конденсируются и замерзают. Упругость их в верхнем слое почвы падает, что создаст благоприятные условия для дальнейшего передвижения водяных паров из нижних горизонтов почвы к верхним. Новые порции водяных паров, соприкасаясь с замерзшей почвой, снова конденсируются и замерзают. Таким образом образуется слой льда, который разрывает корневую систему растений и выпирает узел кущения или корневую шейку из почвы. В результате может наступить гибель растений от выпирания.

Некоторые исследователи считают, что озимые культуры в холодное время года могут погибнуть не только от избытка, но и от недостатка воды. Зимой транспирация у растений хотя и ослаблена, но все же продолжается. Однако в сильные морозы вода из почвы поступает плохо, так как замерзшая почва содержит ее в недоступном состоянии. Корни, расположенные ниже промерзшего слоя, могут воспринимать влагу, но передвижение ее по мерзлому растению сильно затруднено. В этом случае наступает физиологическая сухость, при которой окружающая растения вода в твердом состоянии становится им недоступной, и озимые гибнут от зимне-весенней засухи.

Академик Т. Д. Лысенко следующим образом объясняет гибель озимых в степных районах Сибири: «Теперь гибель озимой пшеницы и случаи сильной повреждаемости посевов ржи в степных районах Сибири мы объясняем механическими повреждениями как подземных, так и надземных частей растений, а не тем, как до сих пор считалось, что растения озимой пшеницы и даже ржи не выдерживают прямого действия сильных сибирских морозов».

Выяснение причин гибели озимых культур имеет большую историю. Подробное изложение ее может со-

ставить большую книгу. Остановимся на этом лишь очень кратко.

В первой половине XVIII века гибель озимых объясняли замерзанием воды в растениях, отчего увеличивается ее объем и происходит разрыв клеток и тканей. Особое указание делали на разрыв сосудов, так как, по представлениям того времени, это прерывало подачу воды, вследствие чего растения засыхали. Изложенная точка зрения долгое время господствовала в науке. Для ее обоснования ссылались на разрушение замерзшей водой горных пород.

Несмотря на свою кажущуюся убедительность, эта теория оказалась ошибочной. В связи с развитием микроскопических исследований представилось возможным подробно изучить состояние растительных клеток после замерзания. Немецкий ученый Гепперт (1830) исследовал 222 вида растений, погибших от вымерзания, и не обнаружил разрыва сосудов и оболочек клеток. Исследования Гепперта и других ученых убедительно показали, что разрыва клеток и сосудов от образующегося в растениях льда не происходит. В отдельных случаях разрываются лишь ткани, но это не оказывает решающего действия на жизнеспособность растения.

Гепперт считал, что растения гибнут от непосредственного действия низкой температуры, которая, по его мнению, преодолевает свойственную растениям «жизненную силу». Факты, добытые Геппертом, имеют **существенное значение** для развития физиологической науки, но **вывод его о «жизненной силе»** отражает идеалистическое мировоззрение, господствовавшее в то время в Германии. В начале XX века идею Гепперта под названием теории «специфического минимума» возродили немецкие ученые Мец (1905) и Рейн (1908).

Во второй половине XIX века немецкий исследователь Сакс (1860, 1865) утверждал, что растения погибают не при замерзании, а при оттаивании. По его мнению, для растений губительно быстрое оттаивание.

В конце XIX века Мюллер-Тургау (1880, 1882, 1884, 1886) и Молиш (1896, 1897) создали теорию гибели растений от обезвоживания при образовании в них льда. В начале XX века многие авторы (Горке, 1907; Лидфорс, 1907, и др.) считали, что растения погибают от повышенной концентрации клеточного сока в результате

перехода большей части воды в лед. По их мнению, концентрация солей и кислот в клеточном слое после заморзания настолько возрастает, что оказывается губительной для протоплазмы клеток. В это же время русские ученые И. А. Максимов и В. В. Лепешкин выдвинули теорию механического давления льда на клетки.

Во второй половине прошлого века были проведены эксперименты, чтобы выяснить внутреннюю природу зимостойкости растений. В этом отношении большой интерес представляют работы русских исследователей А. С. Фоминцева и И. П. Бородина (1867), которые обнаружили, что в коре и древесине веток тополя и березы зимой крахмал исчезает, а весной появляется вновь.

Несколько позже (1882) Мюллер-Тургау сопоставил данные о накоплении сахара в растениях с их зимостойкостью. Однако создание теории защитного действия растворимых углеводов принадлежит шведскому ученому Лидфорсу (1907) и русскому ученому Н. А. Максиму (1913).

Лидфорс показал, что у многих растений в холодное время крахмал исчезает и заменяется сахаром, а с наступлением тепла крахмал образуется снова.

Особенно обширные исследования в этом направлении провел Н. А. Максимов (1913). Свой труд «Растение и низкие температуры» он опубликовал в 1913 г. В этой работе изложено огромное количество опытов, в которых изучено влияние водных растворов сахара, спиртов разной атомности, солей минеральных и органических кислот на морозостойкость клеток и тканей красной капусты и комнатного растения традесканции. Н. А. Максимов помещал небольшие кусочки тканей листьев в водные растворы названных веществ и замораживал их. Оказалось, что сахара и другие вещества значительно повышали морозостойкость благодаря изменению осмотических свойств и химическому влиянию на протоплазму клеток. Сила защитного действия вещества тем больше, чем ниже температура, при которой оно начинает выкристаллизовываться от охлаждения (так называемый эвтектический пункт). Вещества, которые достигают предела растворимости и выпадают из раствора при температуре немного ниже 0° (например, маннит, сернокислые соли калия и натрия), не защищают расте-

ния от вымерзания. Защитное действие различных веществ не связано с проникновением их в протоплазму, но проявляется от соприкосновения их с протоплазмой.

Исследования этого вопроса другими авторами показали, что роль защитных веществ преувеличена. В последующие годы Н. А. Максимов о гибели растений от низких температур писал: «Причину смерти растений от мороза нужно видеть не в разрыве клеточных стенок, а в изменении протоплазмы, именно в ее коагуляции. Коагуляция же эта является результатом того, что разрастающиеся в межклетниках кристаллы льда оттягивают воду из клеток, клеточный сок становится все более и более концентрированным, и одновременно все более и более обезвоживается протоплазма. Кроме того, протоплазма (поверхностный слой протопласта) испытывает еще и сжатие со стороны все расширяющихся ледяных кристаллов. В результате получается необратимое свертывание коллоидных веществ плазмы; после оттаивания она оказывается уже мертвой и утрачивает свою непроницаемость» *. Это утверждение Н. А. Максимова имеет основание, но полностью объяснить процесс гибели растений под влиянием низких температур не может. Как известно, хвоя сосны и ели при -40° настолько промерзает, что ее легко растереть в порошок, но тем не менее она остается живой.

Наряду с этим теплолюбивые растения (батат, огурец, хлопчатник и др.) погибают от холода при температуре выше нуля и льда не образуют. Все это свидетельствует о том, что процесс гибели растений от низких температур значительно сложнее, чем представлял его Н. А. Максимов.

В последние десятилетия исследователи стали сопоставлять гибель растений с биохимическими процессами, протекающими в них в течение зимы. Так, Б. А. Рубин и Н. М. Сисакян (1939) на основании своих работ пришли к выводу, что гибель растений при низких температурах обуславливается необратимым смещением ферментативных реакций в сторону гидролиза. В опытах с сортами яблони, отличающимися неодинаковой зимостойкостью, они установили, что смещение ферментатив-

* Н. А. Максимов. Краткий курс физиологии растений. М., Сельхозгиз, 1958.

ного равновесия в сторону гидролиза, а также потеря синтетической способности ферментов у незимостойкого сорта наступают при более высокой температуре, чем у сорта, стойкого против холода.

С. А. Каспарова (1948) считает, что зимостойкость клевера зависит не только от количества углеводов в зимующих органах, но и от устойчивости ферментативной системы. В последние годы появились работы о биохимических процессах, протекающих в растениях в процессе зимовки (Н. И. Белкин, 1960; М. М. Окунцов, 1960; И. К. Богдан, 1960; Д. Ф. Проценко, 1960; А. Ф. Маринчик, 1960, и др.). Эти исследования позволяют глубже понять причины зимостойкости растений.

Кроме Н. А. Максимова, многие ученые Советского Союза изучали физиологические основы зимостойкости культурных растений. Следует отметить работы И. И. Туманова (1940) и И. М. Васильева (1956). Свои исследования И. И. Туманов проводил свыше четверти века, а итоги их изложил в монографии «Физиологические основы зимостойкости культурных растений» и во многих других работах.

В результате своих исследований И. И. Туманов создал теорию закаливания, согласно которой морозостойкость растений увеличивается осенью и в начале зимы. Существенное место в процессе закаливания И. И. Туманов отводит накоплению в растениях сахаров, защищающих протоплазму от вымерзания и служащих растительному организму энергетическим материалом в зимний период. Процесс закаливания растений, по И. И. Туманову, состоит из двух фаз. Первая фаза протекает при температуре от 0° до $+10 - 15^{\circ}$, а вторая при температуре $-2 - 5^{\circ}$. Высшую морозостойкость растения приобретают во второй фазе закаливания.

Кроме защитного действия сахаров в процессе закаливания, И. И. Туманов изучает влияние стимуляторов роста, накопление которых снижает закалку растений, а уменьшение их (инактивация, отток в другие органы) создает условия для повышения морозостойкости.

О том, какие процессы происходят в растениях во время закаливания, пока известно немного. И. И. Туманов по этому вопросу пишет: «Сказать, в чем состоят процессы закаливания, в настоящее время трудно. Имеющихся данных еще мало, чтобы составить ясное пред-

ствление о сущности тех процессов, которые протекают в клетках при их закаливании» *.

Американские ученые Левитт (1941) и Уайт (1949) придают большое значение вязкости и проницаемости протоплазмы. По мнению Левитта, при закаливании растений вязкость протоплазмы снижается, а проницаемость увеличивается. Морозостойкие формы отличаются тем, что у них вязкость протоплазмы ниже, а проницаемость ее выше, чем у менее морозостойких форм. Вследствие этого, по мнению авторов, клетки зимостойких растений способны быстрее отдавать воду кристаллам льда, образующимся в межклетниках.

Многие исследователи (Rosa, 1921; Newton, 1922, 1924; Попов, 1935, и др.) объясняли морозостойкость растений содержанием в них связанной воды, которая замерзает ниже нуля и не может быть растворителем. Последующие исследования показали, что связанная вода занимает незначительный удельный вес в растительном организме и едва ли может играть такую защитную роль, которую ей приписывали.

Влияние агротехнических приемов на зимостойкость озимых культур длительное время изучал В. П. Мосолов.

В выведении зимостойких форм растений огромное значение имеют работы И. В. Мичурина (1948), начатые им в 80-х годах прошлого столетия. В то время зимостойкость растений только что начали изучать. И. В. Мичурин был пионером в создании зимостойких растений в нашей стране. Его многолетняя и плодотворная работа увенчалась блестящими успехами. Незадолго до своей смерти И. В. Мичурин писал: «За шестьдесят лет моей работы мне удалось больше чем на тысячу километров подвинуть на север от границы прежних районов своего распространения самые нежные и зябкие и вместе с тем самые ценные южные плоды и ягоды и добиться неслыханной прежде скороспелости их» **. Заслуга И. В. Мичурина в повышении зимостойкости растений заключается не только в его практических достижениях по выведению сортов, но и в разработке оригинальных способов перделки природы растительного организма.

* И. И. Туманов. Основные достижения науки в изучении морозостойкости растений. М., Изд-во АН СССР, 1951.

** И. В. Мичурин. Соч., т. IV. М., Сельхозгиз, 1948, стр. 269.

При выведении морозостойких сортов И. В. Мичурин сочетал гибридизацию и отбор с необходимым воспитанием гибридных сеянцев. Он писал: «Разнообразные, наследственно передаваемые признаки свойств растений-производителей вступают в организм каждого гибридного сеянца в очень большом и разнообразном количестве лишь в виде зародышевых, зачаточных форм, из общего количества их получает дальнейшее развитие лишь незначительная часть, очевидно, те из них, развитию которых будут благоприятствовать в текущий период времени условия внешней среды.

Из всего этого становится очевидным, какое существенно важно значение имеет влияние факторов внешней среды на создание гибридных растений новых сортов» *.

И. В. Мичурин впервые установил, что свойства почвы влияют на зимостойкость выращенных на них растений. По этому вопросу он писал: «Гибридные сеянцы, от скрещивания лучших иностранных сортов с местными, выносливыми к морозу сортами, выращенные на грядах с тучной, удобренной и глубоко обработанной почвой, в течение первых двух-трех зим вымерзали, и только в конце восьмидесятых годов случайно конец одной из посевных гряд оказался с очень тощей песчаной почвой, и десяток гибридных сеянцев, выросших на нем, получились вполне выносливыми к морозам. Заметил я это, в то время казавшееся мне парадоксальным, явление.

Как это, более слабо развившиеся сеянцы оказались выносливыми, между тем как сильные погибали?

В сущности это вполне закономерное явление казалось мне непонятным, но тем не менее я вскоре уже преднамеренно начал производить посев на грядах с тощей почвой и затем, убедившись окончательно в пользе такого приема, я даже вынужден был продать прежний участок земли с тучной черноземной почвой, на котором просуществовал основанный мною питомник в течение 10 лет, а взамен мне удалось подыскать и купить клочок земли с самой тощей смывной почвой» **.

И. В. Мичурин придавал огромное значение влиянию внешних факторов на зимостойкость растений. Какие

* И. В. Мичурин. Соч., т. I. М., Сельхозгиз, 1948, стр. 663.

** Там же, стр. 165—166.

данные по этому вопросу известны в настоящее время применительно к озимым культурам?

Прежде всего накоплено большое количество экспериментальных данных о влиянии температуры на зимостойкость озимых культур. Известно, что холодостойкость одного и того же растения в течение года резко **меняется**. В летний период растения наименее стойки **против** низких температур, а зимой — наиболее. Осенью и в начале зимы морозостойкость растений резко **возрастает**.

Зимостойкость растений в известной мере зависит и от **качественного состава света**. Первые эксперименты проведены **русским ученым С. Топорковым (1899)**, который **выращивал озимую пшеницу при солнечном освещении и в тени**. В тени, как обычно, растения вытянулись и слабо кустились. При наступлении морозов они вымерзли на 50%, а растения, выращенные под лучами солнца, полностью сохранились. Результаты опытов позволили С. Топоркову сделать следующий вывод: **«К главнейшим метеорологическим факторам, под влиянием которых растение приобретает стойкость против действия низких температур, следует отнести интенсивный свет»**.

Позднее И. И. Туманов, И. М. Васильев и другие полностью подтвердили и расширили выводы Топоркова. Существенный интерес представляют опыты Б. С. Мошкова (1934, 1935), изучавшего влияние продолжительности **дневного освещения на зимостойкость растений**. Оказалось, что растения обладают **наивысшей морозостойкостью при оптимальном фотопериоде**.

Из внешних факторов на зимостойкость растений оказывает влияние влажность почвы. Избыток влаги во всех случаях уменьшает зимостойкость, а пониженная влажность повышает ее. Однако при чрезмерном завядании растений их зимостойкость также уменьшается (В. П. Мосолов, 1934, 1953).

Для зимостойкости растений большое значение имеют условия питания. В опытах Ф. Ф. Юхимчука (б. Уманская сельскохозяйственная опытная станция) озимая пшеница, посеянная на выщелоченном черноземе, удобренном навозом, зимой сохранилась удовлетворительно и дала урожай от 10,3 до 12,8 ц с 1 га, а без навоза полностью погибла.

Немало опытов посвящено действию отдельных видов минеральных удобрений на зимостойкость озимых культур (Мосолов, 1926; Саблинская-Иванова, 1935, Кукса, 1936, и др.). На основе своих исследований большинство авторов пришли к выводу, что азотные удобрения чаще всего понижают зимостойкость озимых культур, а фосфорные и калийные повышают. Отрицательное действие азотных удобрений обычно связывают с тем, что азот усиливает рост, замедляет развитие, повышает содержание воды в растениях. Положительную роль калийных и фосфорных удобрений объясняют увеличением сахара в растениях и осмотического давления в клетках.

Влияние свойств почв на стойкость озимой ржи, озимой пшеницы, клевера, люцерны и яровых культур до наших работ почти не изучалось. Рассмотрим это более подробно.

I. СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ, СНИЖАЮЩИЕ СТОЙКОСТЬ И УРОЖАЙ РАСТЕНИЙ

ВЛИЯНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДЫ НА РАСТЕНИЯ

О влиянии реакции среды на растения написана обширная литература. В России об устранении кислотности дерново-подзолистых почв известкованием впервые писал М. Г. Павлов в своей работе «Курс сельского хозяйства», изданной в 1837 г.: «Если в почве есть кислоты, вредящие растению, например уксусная, то известь это препятствие удаляет, соединяясь с кислотой» (стр. 253).

Первые исследования о вредном действии кислот на растения проведены Максвеллом (1898) в конце XIX века. Он создавал разную степень кислотности почвы, насыщая ее лимонной кислотой в концентрациях 0,1 и 0,02 %. Максвелл проводил опыты с горчицей, рапсом, люпином, конскими бобами, озимой викой, инкарнатным клевером, люцерной, горохом, пшеницей, кукурузой, овсом, ячменем и впервые установил, что отдельные растения по своей чувствительности к кислотности существенно отличаются одно от другого.

В России первые опыты для изучения влияния кислот, щелочей и некоторых неорганических солей на растения провел К. К. Гедройц (1908). Он испытывал действие соляной, серной, азотной, щавелевой, ортофосфорной и уксусной кислот в концентрациях 0,01—0,0001 н. на растения горчицы, льна, вики, ячменя, овса, клевера и люцерны. Гедройц обнаружил разную чувствительность растений и неодинаковое действие на них кислот. Соляная, серная и азотная кислоты влияли на растения отрицательно сильнее, чем уксусная и щавелевая. Эту

разницу ученые объяснили различной степенью их диссоциации.

В начале второго десятилетия XX века Сёренсен разработал метод определения концентрации водородных ионов и показал значение этой величины. Он же ввел понятие рН.

После этого исследователи в разных странах начали изучать влияние реакции среды на растения. Значительную работу в этом направлении провел шведский ученый Аррениус (1925, 1932).

Многочисленные исследования разных авторов позволили установить оптимальную реакцию среды для отдельных растений. Сводные данные по этому вопросу изложены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Требования растений к реакции среды

Растения	Оптимальный интервал рН	Растения	Оптимальный интервал рН
Рожь	5,5—7,5	Люпин	4,5—6,0
Овес	5,0—7,7	Тимофеевка	5,0—6,5
Пшеница яровая	6,0—7,5	Костер	7,0—7,5
» озимая	6,3—7,6	Капуста	6,7—7,4
Ячмень	6,8—7,5	Помидоры	6,3—6,7
Кукуруза	6,0—7,0	Морковь	5,5—7,0
Горох	6,0—7,0	Огурец	6,4—7,0
Фасоль	6,4—7,1	Рис	4,0—6,0
Соя	6,5—7,1	Чечевица	5,5—7,2
Просо	5,5—7,5	Вика	5,7—6,5
Гречиха	4,7—7,5	Брюква	4,8—5,5
Свекла кормовая	6,2—7,5	Сераделла	5,4—6,5
Картофель	5,0—5,5	Лисохвост	5,3—6,0
Турнепс	6,0—6,5	Райграс	6,8—7,5
Свекла сахарная	7,0—7,5	Редис	5,5—7,3
Конопля	7,1—7,4	Салат	6,0—6,5
Лен	5,9—6,5	Лук	6,4—7,9
Подсолнечник	6,0—6,8	Кенаф	6,0—7,3
Чайный куст	4,5—6,0	Хлопчатник	5,5—7,3
Люцерна	7,0—8,0	Цикорий	6,0—6,5
Клевер	6,0—7,0	Мак	6,8—7,2

Растения предъявляют неодинаковые требования к реакции среды. Одни из них нуждаются в нейтральной или слабощелочной среде, другие хорошо растут в слабокислой среде и, наконец, третьи хорошо растут в

кислой среде. Следовательно, влияние реакции среды на растения зависит от их биологических особенностей.

Дальнейшее изучение показало, что влияние реакции среды на растения зависит от внешних факторов. В лаборатории Д. Н. Прянишникова в 1924 г. установлено, что увеличение концентрации кальция в питательной среде ослабляет отрицательное действие водородных ионов. Объясняется это антагонизмом кальция и водорода. При повышенном содержании кальция водородные ионы находятся в питательной среде, но их поступление в растения задерживается.

Б. А. Голубев, А. В. Петербургский и другие ученые (1935) исследовали отношение растений к реакции среды в зависимости от свойств почвы. Они проводили опыты на мощном черноземе, сером лесном суглинке, легком сильноподзолистом суглинке, подзолистом горизонте болота и оподзоленной, но известкованной почве, искусственно подкисленных серной кислотой, благодаря чему на всех почвах были созданы близкие интервалы рН 4,42—4,92. Результаты опыта с горохом приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние реакции среды на растения в зависимости от свойств почвы

	Чернозем	Серый лес- ной суглинок	Легкий силь- ноподзолис- тый суглинок	Подзолистый горизонт болота	Супесь
Установленный рН (водная вы- тяжка)	4,47	4,42	4,55	4,35	4,92
Урожай (в г на сосуд):					
общий	23,0	24,1	6,37	1,50	3,32
зерно	5,2	6,6	0,75	0	0
Содержание воднорастворимого кальция (в мг на 100 г почвы)	170	86	38,2	17,0	70,0

Данные таблицы 2 показывают, что при приблизи-
тельно одинаковом значении рН действие кислой реак-
ции зависит от свойств почвы и прежде всего от содер-
жания в ней растворимого кальция. Чем больше этого
элемента содержится в почве, тем меньше вред от кис-
лоты. Здесь проявилась защитная роль кальция.

Действие реакции среды на растения зависит от уровня питания. Первые результаты по этому вопросу получил шведский ученый Осландер в 1935 г. Он проводил опыты с ячменем на питательной смеси разной концентрации и показал, что кислая реакция особенно вредна для растений, выращиваемых в растворе с недостаточным содержанием питательных веществ. При высоком уровне питания кислая реакция не оказала отрицательного влияния на растения. На основании этих данных Осландер пришел к выводу, что реакция среды непосредственно не влияет на урожай растений. Конечно, богатая питательная смесь с большим количеством катионов — антагонистов водорода — ослабляет действие кислоты, однако с утверждением Осландера о том, что кислая реакция среды непосредственно не вредит растениям, согласиться нельзя. Не все элементы питательной среды защищают растения против водорода.

В лаборатории академика Д. Н. Прянишникова установлено, что действие реакции среды зависит от форм азотных удобрений: на фоне аммиачных азотных удобрений кислотность оказывает больший вред, чем на фоне нитратных удобрений; аммиачные же формы азота эффективнее на нейтральной и слабощелочной почве. Хлор, входящий в состав калийных удобрений, усиливает отрицательное действие водородных ионов.

Фосфорные удобрения, не изменяя реакции среды, ослабляют отрицательное действие кислоты. Это доказывают экспериментальные данные, полученные на кафедре агрохимии МГУ (табл. 3).

Таблица 3

Роль фосфора в ослаблении вредного действия кислой реакции на урожай ячменя

Вариант опыта	Вес растений (на сосуд)				Вес 1000 зерен (в г)
	общий		зерна		
	в г	в % от конт-роля	в г	в % от конт-роля	
pH 7,0	22,91	100,0	10,41	100,0	33,6
pH 7,0 + фосфор (три дозы)	24,21	105,7	12,16	116,8	35,5
pH 4,5	12,15	100,0	4,43	100,0	22,1
pH 4,5 + фосфор (три дозы)	19,33	159,1	9,15	206,5	33,2

Тройная доза фосфора при рН 7,0 не оказала существенного влияния на урожай растений. Из этого следует, что в питательной смеси этого элемента было достаточно. Однако тройная доза фосфора при рН 4,5, не изменив реакции среды, значительно повысила урожай ячменя: общий — на 59,1% и зерна — на 106,5%.

От обеспеченности растений фосфором зависит закладывание генеративных органов, процесс оплодотворения и налива зерна. Кислая реакция среды отрицательно влияет на эти процессы.

Химический анализ растений показал, что тройная доза фосфора на фоне кислой реакции резко повысила содержание в растениях сахаров, в особенности сахарозы, что доказывает улучшение углеводного обмена в растениях. Фосфор улучшает также белковый и фосфорный обмен.

Таким образом, не изменяя реакции питательной среды, фосфор физиологически «нейтрализует» вредное действие водородных ионов в самом растении. Если водородные ионы ослабляют синтетические процессы в растениях, то фосфор усиливает их.

Как показали исследования кафедры агрохимии МГУ, влияние реакции среды зависит также от интенсивности освещения растений и условий увлажнения. Опыты проводили с ячменем в водных и песчаных культурах. Реакцию среды устанавливали через сутки прибавлением 0,1 н. H_2SO_4 и 0,1 н. $NaOH$ до значений рН, указанных в схеме опытов. Ослабленное освещение создавали в камере под двойным слоем марли, где интенсивность света в 2—3 раза слабее, чем в ясный день.

Для опытов с разной влажностью использовали песчаные культуры. Варианты с нормальным увлажнением содержали около 60% воды от капиллярной влагоемкости, а варианты с повышенной влажностью — 80—90%. Результаты опытов изложены в таблице 4.

Кислая реакция среды значительно понизила урожай общей массы, как в условиях нормального, так и ослабленного освещения, и особенно отрицательно действовала при ослабленном освещении на урожай зерна. Под влиянием избыточной кислотности при ослабленном освещении в значительно большей степени, чем при нормальном, нарушились образование генеративных органов и процесс оплодотворения, понизился коэффициент

Таблица 4

Отношение растений ячменя к реакции среды в зависимости от интенсивности освещения

Реакция среды (рН)	Вес растений (на сосуд) при освещении				Вес зерна (на сосуд) при освещении				Число зерен в одном колосе при освещении		Вес 1000 зерен (в г) при освещении	
	нормальном		ослабленном		нормальном		ослабленном		нормальном	ослабленном	нормальном	ослабленном
	в г	в %	в г	в %	в г	в %	в г	в %				
4,5	50,91	70,8	57,54	76,8	18,87	72,2	10,95	42,3	15,0	8,8	34,1	30,9
6,2	71,86	100	74,81	100	26,14	100	25,88	100	16,3	16,3	34,8	35,4
7,5	57,70	80,3	74,51	99,6	18,45	70,6	20,86	80,6	12,4	15,5	37,7	31,9

продуктивного кущения, уменьшилось количество колосков и зерен в колосе, слабее наливалось зерно. Таким образом, при ослабленном освещении по сравнению с нормальным отрицательное действие кислой реакции среды на растения оказалось более сильным. Щелочная реакция среды (рН 7,5), хотя в меньшей мере, чем кислая (рН 4,5), но все же понизила урожай ячменя.

Наряду с учетом урожая в растениях определили содержание углеводов и азотистых веществ. Результаты анализов показали, что избыточная кислотность среды способствовала значительному, по сравнению с контролем, накоплению редуцирующих сахаров в растениях вследствие нарушения процессов превращения моносахаридов в более сложные органические соединения.

В условиях ослабленного освещения выращивание растений при рН 6,2 и 7,5 уменьшило сумму сахаров в них почти в 2 раза по сравнению с количеством сахаров в растениях, находившихся в условиях нормального освещения. Однако сумма сахаров в растениях, выращенных в кислой среде и при ослабленном освещении, оказалась больше суммы сахаров в растениях при нормальном освещении. Это, по-видимому, объясняется тем, что использование углеводов на построение сложных органических соединений в условиях ослабленного освещения задерживается.

Излишняя кислотность питательной среды повысила в растениях содержание небелковых форм азота.

Влияние кислой реакции среды на растения в зависимости от интенсивности освещения имеет большое практическое значение для многолетних трав, высеваемых под покров зерновых культур. Интенсивность освещения многолетних трав в первый год их жизни зависит от густоты стояния покровной культуры, длины вегетационного периода, урожая, времени ее уборки (на зерно или на зеленый корм) и т. д. Все эти факторы можно регулировать и, следовательно, оказывать влияние на стойкость многолетних трав против кислой или щелочной реакции среды.

Действие реакции среды на растения зависит и от условий увлажнения. При оптимальной влажности урожай зерна с растений, находившихся в кислой среде, понизился на 47,5%, а при избыточной — на 70,9%. Повышенная кислотность питательного раствора в условиях избыточной влажности оказала более сильное влияние на образование генеративных органов, на процесс оплодотворения и налив зерна, чем при оптимальном увлажнении. Так, количество колосков на один колос под влиянием кислой реакции среды при оптимальном увлажнении снизилось с 13,2 до 12,1, а при избыточном увлажнении — с 11,7 до 7,5, а количество зерен на один колос соответственно с 11,7 до 9,0 и с 10,4 до 5,2. Избыточное увлажнение резко усилило отрицательное действие кислой реакции и на налив зерна. Вес 1000 зерен под влиянием кислой реакции среды уменьшился в условиях нормального увлажнения с 30,2 до 20,9, а избыточного — с 21,9 до 14,1. Следовательно, избыточная влажность увеличивает отрицательное действие кислой реакции среды на растения.

В таблице 1 (см. стр. 16) обобщены экспериментальные данные многих авторов разных стран, изучавших отношение различных растений к реакции среды. Во всех этих опытах учитывалось влияние реакции среды на растения суммарно, за весь вегетационный период.

Возникает вопрос, как относится одно и то же растение к реакции среды в различные периоды роста и развития? Впервые ответ на него дали результаты наших опытов в 1937 г., которые показали, что кислая реакция, оказывая губительное влияние на растения в первый период их жизни, становится безвредной в последующие периоды.

В последующие годы мы подтвердили эти экспериментальные данные на кафедре агрохимии МГУ, проведя более широкие исследования совместно с Л. А. Лебедевой, Н. А. Колосовой и В. Ф. Храмихиной. Результаты опытов изложены в таблице 5.

Отношение растений к реакции среды меняется с возрастом: наибольшей чувствительностью растения обладают в первый период жизни.

Период наибольшей чувствительности к кислой реакции среды у тимофеевки продолжается около 20 дней после прорастания, у пшеницы и ячменя — около 30 дней, у клевера и люцерны — около 40 дней.

Это свойство растений можно использовать в практике земледелия. Применение малых доз извести (2—3 ц на 1 га) значительно повышает урожай. Объясняется это тем, что малые дозы извести, внесенные в рядки, нейтрализуют кислотность почвы в зоне роста корней растений в первый период их жизни, когда они особенно чувствительны к кислой реакции. При внесении извести в дозе около 1 т на 1 га целесообразно располагать ее в верхнем 8—10-сантиметровом слое почвы.

Таким образом, влияние реакции среды зависит от биологических особенностей растений, их возраста и внешних факторов, которые изменяют ее действие в ту или иную сторону.

ВЛИЯНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДЫ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАСТЕНИЯХ

Содержание водородных и гидроксильных ионов в почве относительно невелико. Так, при pH 4 в кг почвы содержится всего 0,0001 г водородных ионов, а при гидrolитической кислотности 1 м.-экв. на 100 г почвы в пахотном слое гектарного участка их не более 30 кг.

Несмотря на это от реакции среды в значительной степени зависит плодородие почвы, питание растений, а следовательно, урожай и его качество.

Реакция среды, кроме прямого, оказывает и косвенное влияние на растения, то есть изменяет жизнедеятельность микроорганизмов и свойства почвы, а также характер поступления катионов и анионов в растения. Оптимальный интервал pH для нитрификаторов

Отношение растений к реакции среды в разные периоды их роста и развития

Вариант опыта	Вес растений с одного сосуда									
	пшеница яровая		ячмень		тымофеевка		клевер		люцерна	
	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
рН 6,5—7,0 весь период вегетации . . .	51,5	100	47,9	100	18,2	100	5,33	100	10,2	100
рН 4,5—5,0 весь период вегетации . . .	1,85	4	7,8	16,4	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
рН 4,5—5,0 первые 20 дней и рН 6,5—7,0										
остальной период	4,21	8	18,5	38,6	0,71	4,2	0,0	0,0	0,23	2,2
рН 4,5—5,0 от 20 до 40 дней и рН 6,5—7,0										
остальной период	29,21	57	—	—	2,1	11,5	0,0	0,0	1,54	14,7
рН 4,5—5,0 от 40 до 60 дней и рН 6,5—7,0										
остальной период	51,18	99	43,6	91,1	5,8	31,7	2,60	48,7	3,86	37,7
рН 4,5—5,0 от 60 до 80 дней и рН 6,5—7,0										
остальной период	—	—	—	—	18,0	99	5,01	93,7	9,49	92,7

(*Nitrosomonas* и *Nitrobacter*) колеблется в пределах 6,5—7,9, азотобактера — 6,5—7,8, клостридий пастерианум — 6,9—7,3, клубеньковых бактерий клевера и люцерны — 6,5—7,9. Резкое подкисление почвы сопровождается подавлением процесса нитрификации и, следовательно, тормозит переход азота из недоступного в доступное для растений состояние. Клубеньковые бактерии люцерны, клевера, гороха и вики погибают при pH почвы от 4,1 до 4,8. При несколько большем значении pH они хотя и существуют, но их способность фиксировать азот воздуха сильно подавлена. Таким образом, на кислой почве резко снижается фиксация азота воздуха бобовыми растениями.

Еще более вредна кислая реакция для жизнедеятельности азотобактера и способности его фиксировать азот воздуха. При pH 5,0 и ниже азотобактера в почве нет, а внесенный с азотобактерином он в течение 2—3 суток погибает. Поэтому применение азотобактерина на кислых почвах бесполезно.

Реакция среды оказывает влияние и на вредные микроорганизмы. Так, актиномицеты, вызывающие паршу картофеля, лучше всего развиваются в нейтральной и слабощелочной среде, а грибы — возбудители килы у капусты и других крестоцветных — в слабокислой среде и гибнут при известковании.

Н. А. Красильников (1958) и его сотрудники установили, что в почве имеются микроорганизмы, продуцирующие ядовитые для растений вещества. Наибольшее количество вредных микроорганизмов, являющихся антагонистами азотобактера, обнаружено в кислых почвах. Под влиянием выделяемых ими токсических веществ азотобактер вымирает.

Таким образом, реакция среды оказывает большое влияние на микробиологические процессы в почве и, следовательно, на почвенное плодородие и питание растений. При подкислении увеличивается растворимость фосфатов кальция и магния, а при подщелачивании, наоборот, их растворимость и доступность растениям снижаются.

Весьма своеобразно ведут себя фосфаты железа и алюминия. В щелочном интервале pH их растворимость высокая, в слабокислом — низкая, а в сильнокислом (pH 4,5 и ниже) она опять резко возрастает.

При подкислении почвы доступность растениям молибдена уменьшается, а бора — увеличивается. В кислых почвах растворимых форм железа более чем достаточно, а на карбонатных почвах его не хватает, вследствие чего довольно часто у растений появляется хлороз. Аналогичное явление наблюдается и с марганцем. На нейтральных и щелочных почвах марганец находится в окисленной форме и слабо доступен растениям. В этих условиях вносят удобрения, содержащие марганец. На кислых почвах, наоборот, подвижный марганец находится в избытке и вредит растениям.

Особенно тесно связана реакция среды с подвижным алюминием. Чем кислее почва, тем больше в ней подвижного алюминия, который отрицательно влияет на рост и развитие растений; вред от алюминия в подвижной форме по своим размерам часто превосходит вред, вызываемый актуальной кислотностью.

Алюминий в подвижной форме нарушает у растений процессы закладывания генеративных органов, оплодотворения, налива зерна, углеводный, белковый и фосфатный обмен веществ. Вследствие этого резко снижается урожай, а нередко растения гибнут, особенно озимые культуры, клевер и люцерна во время зимовки. Подкисление почвы часто ухудшает ее структуру, что ведет к ухудшению водного и воздушного режимов почвы. Таким образом, реакция среды значительно изменяет свойства почв, от которых зависит рост, развитие и урожайность растений.

Реакция среды влияет на поступление в растения анионов и катионов. Установлено, что кислая реакция усиливает поступление анионов, а щелочная — катионов. Наглядной иллюстрацией этого положения могут служить экспериментальные данные Д. А. Сабина (табл. 6).

Из приведенных данных видно, что реакция среды резко изменяет соотношение между анионами и катионами, поступившими в растения. Это, несомненно, оказывает сильное влияние на биохимические процессы, протекающие в растениях, и на использование растениями питательных веществ.

М. М. Гукова (1950) в опытах с горохом установила, что кислая реакция среды подавляет синтез азотистых веществ.

Т а б л и ц а 6

Поглощение растениями анионов и катионов из раствора
 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (данные Д. А. Сабинаина, 1955)

Культура	рН раст- вора	Поглощение (в мг за 1 час)	
		катиона аммония	аниона фосфатной кислоты
Кормовые бобы	{ 4,82	0,23	1,11
	{ 6,60	0,89	0,13
	{ 7,45	1,26	0,06
Пшеница	{ 5,35	1,40	0,92
	{ 6,70	1,86	0,28
	{ 7,30	2,26	0,10

В опытах кафедры агрохимии МГУ с клевером, люцерной, пшеницей, ячменем и овсом изучалось действие реакции среды на использование питательных веществ растениями, образование углеводов, белков и активность ферментов.

Результаты опытов с яровой пшеницей изложены в таблице 7.

Количество питательных веществ в растворе было одинаковым как при рН 6,2, так и при рН 4,2, но использованы они растениями по-разному.

Под влиянием кислой реакции среды в пшенице резко уменьшилось содержание общего азота, хотя в питательной смеси он полностью находился в растворе и при рН 6,2 и при рН 4,2. Азот дан в форме нитрата аммония, то есть в растворе были одновременно аммиачная и нитратная формы его. Антагонистическое действие водородных ионов в кислой среде могло проявиться лишь по отношению к аммиачному азоту. А так как растения выращивали на растворе всего 35 дней, то им с избытком должно хватить и одной нитратной формы, которая не является антагонистом водорода. Следовательно, при подкислении питательной смеси ухудшалось питание растений азотом, а не его растворимость. Это связано с процессами образования белковых веществ. В растениях под влиянием кислой реакции среды содержание белкового азота понизилось, а небелкового — по-

Таблица 7

Влияние реакции среды на химический состав растений яровой пшеницы

Реакция питатель- ного рас- твора (рН)	Азот общий			Азот белковый			Азот небел- ковый	P ₂ O ₅		
	в %	в г на 100 растений	в % к своему контролю	в %	в г на 100 растений	в % к своему контролю	в % от общего	в %	в г на 100 растений	в % к своему контролю
6,2 (конт- роль)	5,60	4,08	100	4,97	3,62	100	11,85	3,51	2,56	100
4,2	2,13	0,33	8,08	1,66	0,26	7,17	22,06	2,68	0,42	16,4

Продолжение

Реакция питатель- ного рас- твора (рН)	Mn			Ca			Mg		
	в %	в г на 100 растений	в % к своему контролю	в %	в г на 100 растений	в % к своему контролю	в %	в г на 100 растений	в % к своему контролю
6,2 (конт- роль)	0,010	0,07	100	1,4	1,22	100	0,49	0,36	100
4,2	0,032	0,005	71,42	0,44	0,07	5,73	0,90	0,14	38,36

нысилось. Если количество азота, усвоенного при рН 6,2, принять за 100%, то при рН 4,2 пшеница поглотила только 8,08%.

Сильное отрицательное влияние оказывает кислая реакция среды на усвоение растениями фосфора и кальция. Под действием кислой реакции в растениях резко понизились содержание этих элементов и вынос их растениями.

В растениях, выросших на кислом растворе, по сравнению с растениями, находившимися при рН 6,2, количество магния в отличие от азота, фосфора и кальция содержалось больше, хотя общий вынос магния яровой пшеницей был ниже, чем при рН 6,2. Объясняется это тем, что урожай растений при рН 6,2 был значительно меньше, чем при рН 4,2.

Марганец в растения на кислом растворе поступал значительно быстрее, чем при рН 6,2. Так, яровая пшеница содержала марганца при рН 6,2—0,010 и при рН 4,2—0,032% (на сухое вещество). Кислая реакция среды оказала отрицательное действие на усвоение питательных веществ яровой пшеницей и овсом, но в разной степени. Так, если поглощенное растениями количество азота из питательной смеси с рН 6,2 принять за 100%, то из смеси с рН 4,2 усвоено пшеницей 8,08%, а овсом 32,3%, соответственно фосфора 16,4 и 44,2%, кальция 5,7 и 29,4%.

Такое различие связано с биологическими особенностями растений. Овес более стоек против кислой реакции среды и лучше растет в кислой среде, чем яровая пшеница. Это позволило ему полнее, чем яровой пшенице, использовать и питательные вещества из раствора. Отрицательное влияние кислой реакции среды на образование белковых веществ подтверждено и С. С. Андреенко (1962) в опытах с кукурузой.

Реакция среды оказала большое влияние на состав углеводов в растениях. В наших опытах (1957) с клевером, люцерной и тимopheевкой установлено, что в кислой среде переход моносахаридов в дисахариды и другие более сложные органические соединения замедлен. Результаты опытов с яровой пшеницей и овсом приведены в таблице 8.

Под влиянием кислой реакции среды в растениях резко понизилось количество углеводов. Произошло это из-за сильного уменьшения дисахаридов и одновременного увеличения моносахаридов. Если при выращивании на смеси с рН 6,2 дисахариды у растений яровой пшеницы составляли 86—87,8%, то при выращивании на смеси с рН 4,2—51,0—65,2%. Еще более резкие различия получены у овса, в растениях которого, выращенных на кислой среде, содержалось всего 9,4—36% дисахаридов.

Между тем содержание моносахаридов в растениях на кислой среде было примерно в 2 раза выше, чем в растениях, выращенных при рН 6,2. Это свидетельствует о том, что кислая реакция среды тормозит превращение моносахаридов в дисахариды.

При выращивании растений на кислой среде уменьшается количество белков и увеличивается содержание

Влияние реакции среды на состав углеводов в растениях яровой пшеницы и овса (в % на сухое вещество)

Культура и часть растения	Реакция питательного раствора (рН)	Сумма саха- ров	Моносаха- риды	Дисахариды	
				в % на сухое ве- щество	в % от суммы сахаров
Пшеница					
Надземная часть 20-дневных ра- стений	6,2	5,75	0,72	4,95	86,10
	4,2	4,20	2,03	2,17	51,0
То же, 35-дневных	6,2	17,32	2,12	15,20	87,80
	4,2	12,03	4,17	7,84	65,20
Корни 35-дневных растений	6,2	5,90	1,32	4,56	77,30
	4,2	4,03	2,71	1,30	32,20
Овес					
Надземная часть 22-дневных ра- стений	6,2	—	1,40	5,27	75,80
	4,2	3,61	3,25	0,34	9,40
То же, 37-дневных	6,2	16,92	3,90	12,70	76,40
	4,2	8,81	5,62	3,17	36,0
Корни 37-дневных растений	6,2	6,20	1,09	5,10	82,40
	4,2	3,72	2,74	0,98	26,30

небелкового азота, потому что повышенная кислотность отрицательно влияет и на использование углеводов для построения белков.

От реакции среды зависит эффективность ферментативных процессов, протекающих в растениях (табл. 9).

Реакция питательного раствора на активность каталазы в надземной части растений овса и яровой пшеницы не влияет. Между тем активность этого фермента в корневой системе заметно увеличилась в растениях на кислом растворе.

Под влиянием кислой реакции среды активность пероксидазы у овса и яровой пшеницы возросла примерно вдвое, а активность сахарозы и протеолитических ферментов также увеличилась.

Деятельность ферментов обратима: они могут синтезировать и подвергать гидролизу специфичные им вещества. Прирост органической массы зависит от соотношения синтеза и гидролиза, что в значительной степени зависит от внешних условий, в которых выращивают растения.

Таблица 9

Влияние реакции среды на активность ферментов в растениях яровой пшеницы и овса

Культура и часть растения	Реакция питательного раствора (рН)	Каталаза (в куб. см выделенного кислорода за 3 минуты)	Пероксидаза (в условных единицах плотности по Боярину)	Сахараза (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)	Протеолитические ферменты (в мг аминного азота на 1 г сухого вещества по Белозерскому и Проскурякову)
<i>Пшеница</i>					
Надземная часть	6,2	53,0	10,1	587,3	194,5
20-дневного растения	4,2	51,9	20,2	2072,2	455,5
То же, 35-дневного	6,2	47,0	8,1	401,0	360,2
	4,2	45,5	14,2	1404,0	726,2
Корни 35-дневного растения	6,2	17,8	5,1	715,0	115,0
	4,2	26,0	15,1	2075,5	551,7
<i>Овес</i>					
Надземная часть	6,2	50,6	14,2	722,5	296,2
22-дневного растения	4,2	51,0	29,1	2017,8	2150,7
То же, 37-дневного	6,2	51,8	8,5	183,3	704,1
	4,2	51,8	21,6	394,9	651,0
Корни 37-дневного растения	6,2	19,0	9,7	1071,8	312,5
	4,2	29,0	15,0	1210,1	301,5

Можно полагать, что кислая реакция среды увеличивает гидролитические процессы и понижает синтетические. О том, что в растениях на кислом растворе гидролитические функции ферментов усиливаются, видно из данных таблицы 9, где изложены прямые результаты определения гидролитической активности ферментов. Ослабление синтетической активности сахаразы и протеолитических ферментов косвенно подтверждают данные таблиц 7 и 8, где показано, что под влиянием кислой реакции среды замедляется процесс образования сахарозы и белковых веществ.

До недавнего времени корни рассматривали как органы, поглощающие питательные элементы и воду. Синтетических функций им не приписывали. В последние годы появились работы, показывающие, что корням присущи и синтетические функции. Данные наших опытов полностью подтверждают это. Активность ферментов в корнях очень высокая. Для каталазы, пероксидазы и

протесолитических ферментов она ниже, чем в надземной части растений, а активность сахаразы в корнях, как правило, значительно выше, чем в надземных органах.

Все это свидетельствует о том, что в корнях растений идут интенсивные процессы синтеза и гидролиза органических веществ. В опытах С. С. Андрееенко (1958) было установлено, что кислая реакция среды повышает активность каталазы и пероксидазы в корнях кукурузы. В листьях кукурузы, по его данным, наивысшая активность каталазы наблюдалась при рН 6,0. В кислой и щелочной среде функция этого фермента значительно понижалась. В опытах автора и его сотрудников с разными культурами (озимой пшеницей, озимой рожью, клевером и люцерной) неоднократно установлено, что на кислой почве активность каталазы уменьшается, пероксидазы — увеличивается. На нейтральной и хорошо окультуренной почве, наоборот, активность каталазы повышается, пероксидазы — понижается.

Кислая реакция среды подавляет фотосинтез растений. В опытах С. С. Андрееенко (1962) с кукурузой получены следующие данные (в мг CO_2 в час на 1 кв. м поверхности растения):

	рН 4,0	рН 6,0
Растения в возрасте 32 дней	262	1150
То же, 46 дней	820	2900
» » 60 »	632	1550

Реакция среды оказывает влияние на дыхание растений. В исследованиях С. С. Андрееенко и Л. А. Казариновой (1958) были получены следующие результаты (табл. 10).

Т а б л и ц а 10

Интенсивность дыхания корней проростков кукурузы в зависимости от рН среды (в мг O_2 на 1 куб. см корней за 1 час)

Дата опыта	Возраст растений (в днях)	Величина рН		
		4,0	6,0	8,0
28 марта	14	0,203	0,096	0,138
4 апреля	20	0,371	0,120	0,132
16 »	10	0,213	0,094	0,132
25 »	19	0,214	0,112	0,099

Самая низкая интенсивность дыхания корней кукурузы была при рН 6,0, самая высокая — при рН 4,0.

Последующие опыты С. С. Андрееенко, Н. Д. Алехиной (1961), изучавших дыхание надземных органов кукурузы в зависимости от реакции среды, не дали четких результатов. Авторы приходят к выводу, что интенсивность дыхания листьев кукурузы менее зависит от реакции среды, чем интенсивность фотосинтеза.

Таким образом, реакция среды оказывает большое влияние на физиологические функции корней, а следовательно, и на физиологические функции всего растения.

От реакции среды зависит и образование хлорофилла в растениях. Экспериментальный материал исследований С. С. Андрееенко и Л. А. Казариновой (1958) изложен в таблице 11.

Таблица 11

Влияние реакции среды на содержание хлорофилла в листьях проростков кукурузы (в мг на 1 г сырого вещества)

Дата опыта	Возраст растений (в днях)	Величина рН		
		4,0	6,0	8,0
25 марта	10	1,310	1,464	1,155
28 »	13	1,307	1,561	1,125
9 апреля	24	1,295	1,453	1,285
10 »	25	1,045	1,152	0,875

Наибольшее количество хлорофилла содержалось в листьях кукурузы при рН 6,0, то есть в растениях, произрастающих в оптимальной по кислотности среде. Отступление от оптимальной реакции среды как в кислую, так и в щелочную сторону сопровождалось понижением количества хлорофилла в листьях кукурузы.

Замечено, что реакция среды оказывает влияние на сокодвижение в растениях.

Исследуя этот вопрос, С. С. Андрееенко (1962) получил следующие данные о количестве пасоки, подаваемой корневой системой кукурузы в зависимости от рН среды (в мг на одно растение за 1 час).

		рН 4,0	рН 6,0
Растения в возрасте 21 дня		95,0	268,0
То же 34 дней		241,0	312,0
» » 48 »		148,0	295,0
» » 68 »		31,0	298,0
» » 75 »		310,0	583,0

Под действием кислой реакции среды резко уменьшается количество пасоки, подаваемой корневой системой. По-видимому, это связано с тем, что в кислой среде корневая система растет слабее и в растения меньше поступает кальция и других элементов. Кроме того, растения, произраставшие на растворе с рН 4, сильнее завядали в жаркие дни и слабее восстанавливали тургор в ночное время, чем растения на слабокислом (рН 6) растворе.

Изложенный экспериментальный материал показывает, что реакция среды оказывает очень сильное влияние на течение многих физиологических процессов в растениях.

НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДЫ НА РАСТЕНИЯ

Некоторые авторы отрицают вредное действие кислой реакции среды на растения. Шведский ученый Осландер в 1935 г. утверждал, что «кислая реакция сама по себе не вредна для наших культурных растений, если только им обеспечено достаточное снабжение питательными веществами». Из этого теоретического положения Осландер и его последователи делают практический вывод: известковать почвы не следует.

В связи с тем, что теоретическое положение о влиянии кислой реакции среды на растения имеет большое значение для практики земледелия, на кафедре агрохимии МГУ проведены специальные исследования, чтобы выяснить непосредственную зависимость растения от реакции среды.

Решение этого вопроса представляет большие трудности. Если изменить реакцию почвы, то концентрация водородных ионов, количество растворимых питательных веществ, деятельность микроорганизмов и характер поступления анионов и катионов также не остаются постоянными. Поэтому в обычных опытах с почвенными и водными культурами изучить непосредственное влияние концентрации водородных ионов на растения не представляется возможным.

Для того чтобы исключить косвенное влияние кислой реакции среды, мы использовали метод изолирования*

ных культур и метод периодического питания.

По методу изолированных культур одна половина корневой системы находится в одной среде (одном сосуде), а вторая — в другой. Воспользовавшись этим методом, мы половину корневой системы растений помещали в нормальную питательную смесь с оптимальной реакцией среды, а вторую половину — в дистиллированную воду, реакцию которой изменяли путем прибавления кислоты или щелочи. В результате этого растения питались нормальной питательной смесью, и лишь половина их корней находилась в дистиллированной воде с разным значением pH. В этом случае неодинаковая концентрация водородных и гидроксильных ионов не могла изменить свойства питательной среды и жизнедеятельность микроорганизмов в питательной смеси, не могла оказать и непосредственного влияния на поступление в растения катионов и анионов из раствора.

Сущность метода периодического питания заключалась в следующем: растения выращивали в водных культурах, на нормальной питательной смеси Н. С. Авдониной*, а затем периодически, через сутки, вынимали их из раствора и помещали в дистиллированную воду, которую при помощи кислоты и щелочи доводили до нужной реакции. Через сутки растения возвращали на нормальную питательную смесь.

Таким образом, на растения действовала реакция среды дистиллированной воды, а не питательного раствора.

В этом случае представилась возможность изучить влияние реакции среды на растения непосредственно. По описанной методике мы проводили в течение двух лет опыты с яровой пшеницей и ячменем.

Результаты исследований методом изолированных культур изложены в таблице 12.

Из данных таблицы 12 видно, что изменение pH воды с 4,0 до 6,0 повысило урожай общей массы ячменя на 26,4%, а урожай зерна на 51,7%.

* Состав смеси Н. С. Авдониной (в г на 1 л воды): NH_4NO_3 — 0,240; MgSO_4 — 0,500; KCl — 0,150; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ — 0,100; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — 0,100; CaCl_2 — 0,360; H_3BO_3 — 0,003; MnSO_4 — 0,003 и железозимоннокислое — 0,025.

Непосредственное действие реакции среды на растения
(метод изолированных культур)

Реакция среды (pH)		Вес растений с одного сосуда			
питательной смеси	воды	общая масса		зерно	
		в г	в %	в г	в %

Ячмень

4,0—4,5	4,0—4,5	18,70	100	3,83	100
4,0—4,5	6,0	23,64	126,4	5,81	151,7

Яровая пшеница

4,5	4,6	2,93	100	0,95	100
4,5	6,5	5,00	170,6	2,22	233,6
4,5	7,5	7,84	267,6	3,5	368,4

Еще более яркие результаты получены в опыте с яровой пшеницей. Во всех вариантах опыта реакцию питательной смеси поддерживали на уровне pH 4,5, а реакция дистиллированной воды колебалась в пределах pH 4,5—7,5. При увеличении pH воды от 4,5 до 6,5 урожай общей массы повысился на 70,6%, а зерна — на 138,6%. Еще больше увеличился урожай растений, половина корней которых находилась в дистиллированной воде с pH до 7,5.

В водных культурах, естественно, недостатка в воде нет. Тем не менее дистиллированная вода при pH 7,5 повысила урожай общей массы яровой пшеницы на 167,6%, а урожай зерна — на 268,4%. Даже одна дистиллированная вода, без добавления кислоты и щелочи, с pH 6,5 увеличила урожай яровой пшеницы: общей массы на 70,6% и зерна на 133,6%. Положительное действие воды объясняется, по-видимому, тем, что на фоне кислой реакции среды (pH 4,5) она поступала через корни в растения и хотя немного, но все же сдвигала в них реакцию среды ближе к оптимальному интервалу.

Аналогичные результаты получены и в опытах, проведенных методом периодического питания (табл. 13).

Растения ячменя, помещенные на дистиллированную воду с pH 4,5, понизили урожай общей массы ячменя по сравнению с растениями, находившимися на воде с pH 6,0, на 35,6%, а урожай зерна — на 46,3%. При

Таблица 13

**Непосредственное действие реакции среды на растения
(метод периодического питания)**

Реакция (рН) воды, на которую помещали растения через сутки	Вес растений с одного сосуда			
	общая масса		зерно	
	в г	в %	в г	в %

Я ч м е н ь (рН питательного раствора 6,0)

4,5	14,09	64,4	5,37	53,7
6,0	21,87	100	10,0	100
7,5	22,40	102	7,63	76,3

Я р о в а я п ш е н и ц а (рН питательного раствора 6,5)

4,5	11,8	59,0	5,25	59,1
6,5	20,2	100	8,89	100

этом уменьшилось количество завязавшихся зерен и вес 1000 зерен.

В опыте с яровой пшеницей подкисление воды с рН 6,5 до 4,5 понизило урожай общей массы и зерна на 41%. Самое большое отрицательное действие кислой реакции воды проявилось в кушении растений. Если при помещении растений пшеницы на воду с рН 6,5 коэффициент кушения был равен 2,5, то при помещении периодически тех же растений на воду при рН 4,5, он составил всего 1,4.

Наряду с учетом урожая определяли содержание в растениях углеводов и азотистых веществ. Часть результатов анализа изложена в таблице 14.

Таблица 14

Влияние кислой реакции среды на содержание углеводов и азотистых веществ в растениях ячменя (в % на сухое вещество)

Реакция (рН) воды, на которую помещали растения через сутки	Сахара			Азот		
	редуцирующие	сахароза	сумма сахаров	белковый	небелковый	общий

Л и с т ь я

4,5	1,71	1,63	3,42	3,65	0,56	4,11
6,0	1,01	1,97	3,09	4,13	0,54	4,67

С т е б л и

4,5	4,05	4,93	9,23	1,73	0,74	2,52
6,0	2,48	1,66	4,22	2,01	1,01	3,02

Опыты показали, что кислая реакция среды значительно влияет на углеводный и белковый обмен в растениях. Подкисление привело к тому, что растения накапливали большое количество моносахаридов, а процесс их превращения в дисахариды и другие более сложные соединения задерживался. Кислая реакция среды тормозила и образование белковых веществ.

В 1959 г. мы изучали действие кислой реакции среды на питание яровой пшеницы и овса и на ферментативные процессы, протекающие в растениях. Для исследования использовали метод периодического питания: растения с питательной среды переносили через сутки на дистиллированную воду с разным значением рН. Наряду с определением процентного содержания того или иного элемента сделан расчет его количества в 100 растениях (табл. 15).

Таблица 15

Прямое действие реакции среды на содержание питательных элементов в растениях яровой пшеницы

Реакция среды (рН)		P ₂ O ₅		Mn		Ca		Mg	
питательной смеси	воды	в г на 100 растений	в % от контроля	в г на 100 растений	в % от контроля	в г на 100 растений	в % от контроля	в г на 100 растений	в % от контроля
6,2	6,2	0,42	100	0,008	100	0,25	100	0,35	100
6,2	4,2	0,10	23,80	0,010	125,00	0,03	12,0	0,04	11,4
4,2	*	0,49	100	0,009	100	0,08	100	0,18	100
4,2	6,2	1,19	243	0,019	211,11	0,34	425,0	0,72	400

* Растения этого варианта все время находились на полной смеси с рН 4,2, а растения четвертого варианта с той же смеси через сутки помещали на дистиллированную воду с рН 6,2.

Кислая вода, действуя на растения вне питательной смеси, резко понизила содержание в них фосфора, кальция и магния. Если принять количество питательных веществ в яровой пшенице, находившейся на питательной смеси и перемещенной затем на дистиллированную воду без подкисления, за 100%, то те же растения, бывшие на подкисленной воде, содержали в своем составе: фосфора 23,8%, кальция 12,0% и магния 11,4%. Это нельзя объяснить тем, что кислая реакция среды изменила

растворимость элементов питания и их доступность растениям. Напротив, подкисление среды увеличивает растворимость соединений фосфора, кальция и магния, хотя в данном случае она и не действовала на указанные соединения. Поступление в растения катионов водородные ионы задержать не могли, потому что они действовали на растения вне питательного раствора. Кислая реакция среды оказала отрицательное действие на физиологические процессы внутри растений, вследствие чего пшеница и овес не могли использовать фосфор, кальций и магний, находившиеся в растворимом и доступном состоянии.

Несколько иная зависимость установлена между кислой реакцией среды и содержанием в растениях марганца. Как видно из данных таблицы 15, количество марганца в растениях яровой пшеницы при подкислении среды не уменьшилось, а даже несколько увеличилось, а в растениях овса его осталось почти столько же. Таким образом, можно сказать, что кислая реакция среды усиливает поступление марганца в растения.

Большой интерес представляют результаты опытов, в которых растения переносили с кислой питательной смеси на дистиллированную воду (последний вариант в таблице 15).

Такая перестановка проводилась 28 суток, из которых растения находились на питательной смеси 14 суток и столько же на чистой дистиллированной воде. Период их питания был сокращен вдвое, но зато в течение 14 суток они были освобождены от действия кислой реакции среды. В результате этого в растениях увеличилось содержание фосфора на 143 %, кальция на 325, магния на 300 и марганца на 111 %. Таким образом, растения находились на питательном растворе в 2 раза меньше времени, а усвоили питательных веществ в 2—4 раза больше. Объяснить это можно тем, что дистиллированная вода с рН 6,2 положительно повлияла на биохимические процессы в растениях.

Таким образом, и этот вариант опыта еще раз убедительно показывает, что реакция среды (концентрация ионов водорода и гидроксидов) оказывает прямое действие на растения.

Непосредственное влияние реакции среды на растения зависит от их биологических особенностей, так же как это проявляется при действии реакции среды в ус-

лониях почвенных культур и при изменении ее показателя pH в питательной смеси. Подтверждается это тем, что при непосредственном влиянии водородных ионов на растения овес использовал относительно больше питательных веществ, чем яровая пшеница.

Результаты опытов с изучением прямого (непосредственного) влияния кислой реакции среды на содержание азота в растениях яровой пшеницы изложены в таблице 16.

Таблица 16

Влияние реакции среды на содержание азота в растениях яровой пшеницы 35-дневного возраста

Реакция среды (рН)		Общий азот		Небелковый азот (в %)		Белковый азот		Небелковый азот в % к общему		Общий азот в 100 растениях			
										в г		% от своего контроля	
питательной смеси	воды	надземная часть	корни	надземная часть	корни	надземная часть	корни	надземная часть	корни	надземная часть	корни	надземная часть	корни
6,2	6,2	3,57	3,50	0,71	0,61	2,86	2,89	19,88	17,43	0,81	0,22	100	100
6,2	4,2	2,40	2,80	0,52	0,80	1,88	2,0	21,66	28,57	0,09	0,02	11,11	9,09
4,2	—	2,13	2,85	0,47	0,90	1,66	1,95	22,02	31,57	0,33	0,07	100	100
4,2	6,2	3,08	2,97	0,43	0,78	2,65	2,19	13,96	26,26	1,84	0,09	557,5	128,6

Под влиянием кислой реакции среды в надземной части растений и в корнях резко понизилось содержание азота. Особенно резко понизилось содержание белкового азота. Так, подкисленная вода уменьшила количество белкового азота в надземной части растений с 2,89 до 1,88%, а в корнях — с 2,89% до 2,0%. В то же время содержание небелковых форм азота увеличилось. Так, в корнях яровой пшеницы при помещении ее на неподкисленную дистиллированную воду небелковые формы азота составляли 17,4% от общего азота, а в корнях, которые находились на подкисленной до pH 4,2 воде, — 28,6%. Если принять содержание азота, использованного растениями при нормальных условиях, за 100%, то на подкисленной воде они израсходовали всего около 10% азота.

Очень интересные данные получены при периодическом помещении растений на дистиллированную воду.

В этом случае они не имели возможности воспринимать азот, так как в дистиллированной воде его нет. Несмотря на это, в растениях резко увеличилось (примерно в 5,5 раза) содержание общего и белкового азота. Чем же объяснить такой парадокс?

Оказывается дистиллированная вода (рН 6,2), поступающая в растения, которые предварительно находились на питательной среде с рН 4,2, уменьшала избыточную кислотность клеточного сока. В результате этого изменились в лучшую сторону биохимические процессы в растениях, и они полнее использовали азот для построения белковых веществ.

Все это свидетельствует о том, что кислая среда непосредственно ухудшает питание растений азотом и тормозит образование в них белковых веществ.

Под влиянием кислой реакции среды значительно понизилась в растениях сумма сахаров. Особенно сильно уменьшилось содержание дисахаров и одновременно увеличилось содержание моносахаридов. Общее количество углеводов в растениях, которые периодически (14 суток) находились на подкисленной до рН 4,2 воде, составило 13,6% по сравнению с количеством углеводов, которые образовали растения, выращиваемые в течение этого же времени на неподкисленной дистиллированной воде.

У растений овса в возрасте 37 дней сумма сахаров под влиянием кислой реакции среды понизилась с 13,33 до 9,44%, а количество моносахаридов, наоборот, возросло с 5,60 до 6,0%. В возрасте 20 дней содержание моносахаридов в растениях на дистиллированной воде без подкисления составило 2,20%, а в растениях на подкисленной воде — 3,33%. Особенно сильное отрицательное действие кислая реакция среды оказала на образование дисахаридов. Так, в 37-дневных растениях овса, находившихся на дистиллированной воде без подкисления, содержалось дисахаридов 7,73%, а при подкислении воды — 3,42%.

Следовательно, кислая реакция среды при воздействии на растения непосредственно (вне питательной смеси) значительно изменяет состав углеводов в растениях, аналогично тому, как это следует наблюдать при изменении реакции питательной среды.

Экспериментальные данные о непосредственном действии реакции среды на активность ферментов в растениях яровой пшеницы изложены в таблице 17.

Таблица 17

Непосредственное влияние реакции среды на активность ферментов в растениях яровой пшеницы

Часть растения	Реакция среды (рН)		Каталаза (в куб. см выделенного за 3 минуты)	Пероксидаза (в условных единицах плотности по Бояркину)	Сахараза (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)	Протеолитические ферменты (в мг аминного азота на 1 г сухого вещества по Белозерскому и Проскурякову)
	питательно-го раствора	воды				
Надземная часть 20-дневных растений	6,2	6,2	52,0	14,2	951,3	407,7
	6,2	4,2	52,2	16,2	1565,0	365,2
	4,2	—	51,9	20,2	2072,2	455,5
	4,2	6,2	52,8	17,8	1875,1	175,0
То же, 35-дневных	6,2	6,2	47,6	12,2	372,3	523,1
	6,2	4,2	47,0	12,1	1016,7	726,2
	4,2	—	45,5	14,2	1494,7	726,2
	4,2	6,2	48,0	10,0	1306,0	755,2
Корни 35-дневных растений	6,2	6,2	11,9	3,1	1333,2	232,5
	6,2	4,2	18,3	9,3	2000,3	466,7
	4,2	—	26,0	15,1	2075,5	551,7
	4,2	6,2	15,1	9,5	1950,2	407,1

На активность каталазы в надземных частях пшеницы кислая реакция среды существенного влияния не оказывает, но в корневой системе она повышает активность фермента.

Активность пероксидазы, сахаразы и протеолитических ферментов при непосредственном воздействии на растения, как правило, значительно увеличивается. Периодический перевод растений с кислой питательной смеси (рН 4,2) на дистиллированную воду (рН 6,2) сопровождался понижением активности пероксидазы, сахаразы и протеолитических ферментов. Следовательно, в растениях на подкисленной воде активность пероксидазы, сахаразы и протеолитических ферментов возрастает, а в растениях на дистиллированной воде (рН 6,2) уменьшается.

Таким образом, кислая реакция среды вне питательного раствора оказывает на растения такое же влияние, как в питательной смеси. Однако отрицательное дейст-

вие кислой реакции среды в питательной смеси выражено, как правило, резче, чем при непосредственном воздействии. Объясняется это тем, что кислая реакция среды в питательной смеси оказывает и прямое и косвенное воздействие на растения.

АЛЮМИНИЙ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

Одним из факторов, определяющих отрицательные свойства дерново-подзолистых почв, является алюминий в подвижной форме. Об этом подробно рассказано в книге автора «Вопросы земледелия на кислых почвах». Там же дан и обзор литературы. Здесь же мы сделаем основные выводы из предыдущих опытов и изложим результаты последующих исследований. Установлено, что подвижные формы алюминия на кислых почвах оказывают неблагоприятное влияние на рост и развитие растений, которое по своим размерам часто превосходит отрицательное действие актуальной кислотности. При этом, как правило, чем кислее почва, тем больше в ней подвижного алюминия.

Количество алюминия в подвижной форме находится в большой зависимости от окультуренности почвы и удобрений. Систематическое и длительное применение органических удобрений приводит к полному исчезновению подвижного алюминия. Азотные удобрения в аммиачной форме повышают содержание алюминия в почве, а фосфорные — понижают. Основным средством ликвидации вредного действия подвижного алюминия является известкование.

Растения обладают разной чувствительностью к алюминию. Одни без вреда переносят относительно высокие концентрации этого элемента, а другие при тех же концентрациях погибают. Изученные нами растения по их чувствительности к алюминию могут быть разделены на четыре группы. В первую группу, отличающуюся высокой стойкостью против подвижного алюминия, относятся тимофеевка луговая и овес; во вторую группу вошли среднестойкие растения — люпин, кукуруза, просо, чумиза; к третьей группе, с повышенной чувствительно-

стью, относятся горох, репа, фасоль, гречиха, ячмень, пшеница яровая, лен, турнепс и к четвертой, самой чувствительной группе, — клевер красный, свекла столовая, свекла сахарная, люцерна, озимая пшеница (высокая чувствительность озимой пшеницы проявляется в процессе зимовки).

Параллелизма между чувствительностью растений к реакции среды и подвижным формам алюминия мы не наблюдали. Имеются растения, которые отличаются высокой стойкостью против кислой реакции среды, например лен, и большой чувствительностью к подвижным формам алюминия.

Опыты автора и других исследователей показали, что наибольшей чувствительностью к подвижным формам алюминия растения обладают в первый период их жизни и во время зимовки.

Алюминий в подвижной форме нарушает у растений процессы закладывания генеративных органов, оплодотворения и налива зерна, а также обмен веществ. В растениях, выросших на почве с избытком алюминия, часто уменьшается количество сахаров и тормозится превращение моносахаридов в сахарозу и более сложные органические соединения, резко увеличивается количество небелкового азота и уменьшается содержание белков. Подвижный алюминий задерживает образование фосфатидов, нуклеопротеидов и хлорофилла.

Фосфорные удобрения резко ослабляют, а иногда и полностью устраняют отрицательное действие алюминия в подвижной форме. Действие фосфора заключается в том, что он частично связывает алюминий в почве, способствует фиксации этого элемента корневой системой и улучшает обмен веществ в растениях.

Таковы основные итоги исследований автора, изложенные в его книге «Вопросы земледелия на кислых почвах». Последующие опыты показали, что подвижный алюминий оказывает существенное влияние на активность ферментов в растениях. Результаты исследований зависимости активности инвертазы в растениях яровой пшеницы и овса от содержания подвижного алюминия в почве изложены в таблице 18.

Данные таблицы 18 показывают, что алюминий резко понизил активность инвертазы в растениях яровой пшеницы и овса.

Таблица 18

Влияние алюминия на активность инвертазы в растениях яровой пшеницы и овса (в мг расщепленной сахарозы на 1 г абсолютно сухой навески)

Вариант	Яровая пшеница в фазу колошения			Овес в фазу (1958 г.)	
	1957 г.	1958 г.	1959 г.	куще- ния	выбрасы- вания метелок
Фон	1095	737	1368	1015	1075
Фон + алюминий 8 мг на 100 г почвы	963	579	1068	823	875

Влияние алюминия на активность пероксидазы и протеолитических ферментов в растениях яровой пшеницы, кукурузы, люцерны, ячменя и гречихи представлено в таблице 19.

Таблица 19

Влияние алюминия на активность пероксидазы (в условных единицах плотности по Бояркину) и протеолитических ферментов (в мг аминного азота на 1 г сырого вещества)

Вариант опыта	Яровая пшеница	Кукуруза	Люцерна	Ячмень	Гречиха
---------------	-------------------	----------	---------	--------	---------

Пероксидаза

Контроль	21,9	28,4	15,6	9,6	6,0
Алюминий	29,8	46,7	25,6	13,0	8,8

Протеолитические ферменты

Контроль	6,52	0,32	2,71	1,73	0,34
Алюминий	2,89	0,66	1,92	1,53	0,09

От избытка алюминия активность протеолитических ферментов значительно уменьшилась у всех растений, кроме кукурузы, у которой активность этих ферментов вообще очень низкая. Отрицательное влияние подвижных форм алюминия на активность протеолитических ферментов мы наблюдали и в других опытах за 1958 и 1959 гг. Активность пероксидазы от действия алюминия возросла во всех изученных растениях. При изучении активности каталазы была выяснена иная картина. Из данных таблицы 20 видно, что алюминий понизил активность этого фермента.

Таблица 20

Влияние алюминия на активность каталазы в растениях яровой пшеницы в фазе кущения (в куб. см выделившегося кислорода на 1 г абсолютно сухого вещества)

Вариант	1955 г.	1956 г.	1957 г.
Фон	54,6	77,9	84,7
Фон + алюминий 8 мг на 100 г почвы	33,3	35,9	67,2

Сахаристость корней сахарной свеклы, выращивавшейся на почве с алюминием, понизилась на 2,24%. Уменьшение белкового азота под влиянием алюминия установлено в наших опытах с многими растениями. В опытах 1962 г. получены данные о влиянии алюминия на содержание белков в кормовых бобах и горохе (табл. 21).

Таблица 21

Влияние алюминия на количество белка в зерне кормовых бобов и гороха

Вариант опыта	Кормовые бобы			Горох		
	содержание белка (в %)	вес бобов с 1 сосуда	выход белка с 1 сосуда (в г)	содержание белка (в %)	вес бобов с 1 сосуда (в г)	выход белка с 1 сосуда (в г)
Контроль	19,15	18,0	3,42	20,52	17,6	3,57
Алюминий (10—12 мг на 100 г почвы)	12,42	5,0	0,62	17,21	15,2	2,61

Под влиянием алюминия резко понизилось содержание белка в кормовых бобах и горохе. При этом отрицательное действие алюминия на кормовые бобы проявлялось значительно сильнее, чем на горохе. Это свидетельствует о том, что бобы обладают большей чувствительностью к избытку подвижного алюминия. У бобов в несколько раз уменьшился выход белка с определенного количества растений, хотя относительное содержание его понизилось менее чем в 2 раза. Объясняется это тем, что подвижный алюминий одновременно снижает

и урожай и его качество. Вполне понятно, что это резко ухудшает кормовое достоинство бобов и гороха.

Алюминий в подвижной форме замедляет биосинтез витамина С и каротина (провитамина А), что установлено в наших опытах, проведенных в 1962 г. на Агробиологической станции МГУ (табл. 22).

Таблица 22

Влияние алюминия на содержание витамина С и каротина в растениях (в мг% на сырое вещество)

Вариант опыта	Кормовые бобы		Горох		Кукуруза	
	С	каротин	С	каротин	С	каротин
Контроль	97,5	12,0	121,3	2,0	51,6	4,8
Алюминий (10—12 мг на 100 г почвы)	87,8	5,2	152,6	2,6	—	2,0
Алюминий (16—18 мг на 100 г почвы)	60,4	2,4	58,9	1,4	37,4	1,8

Действие алюминия на дерново-подзолистых почвах весьма разнообразно. Он может оказывать прямое и косвенное влияние на растения. Прямое действие алюминия заключается в том, что он, поступая в растения, нарушает обмен веществ, связывает фосфор в почве и делает его менее доступным для растений, является антагонистом катионов, резко отрицательно влияет на жизнедеятельность полезных микроорганизмов (азотобактер, клубеньковые и другие бактерии).

В почвенных культурах отделить прямое действие алюминия от косвенного невозможно. Для решения этого вопроса мы использовали метод изолированного и периодического питания.

В опытах, проведенных методом изолированного питания, алюминий, находясь вне питательного раствора, оказал очень сильное отрицательное влияние на растения: они были чахлыми и не образовали зерна.

В опыте с периодическим питанием растения яровой пшеницы периодически, через сутки, перемещали с питательной смеси на дистиллированную воду или раствор сернокислого алюминия (6 мг Al на 1 л воды). Результаты опытов изложены в таблице 23.

В опытах с периодическим питанием алюминий не мог оказать непосредственного влияния на поступление питательных веществ в растения, так как он был в другом сосуде. Однако его отрицательное действие на растения было очень сильным: урожай зерна уменьшился более чем в 5 раз, понизился также вес 1000 зерен и процент завязывания. Под влиянием алюминия изменился и химический состав растений: уменьшилось содержание белкового азота и увеличилось количество небелковых форм, содержание фосфора в стеблях и листьях понизилось, а в корнях возросло. Следовательно, алюминий нарушает процесс образования белковых веществ и фиксирует фосфор в корневой системе.

Таблица 23

Непосредственное влияние алюминия на растения яровой пшеницы (метод периодического питания)

Вариант опыта	Урожай с сосуда (в г)		Число колосьев (на сосуд)	Число колосков		Число зерен		Вес 1000 зерен (в г)	Завязывание зерна (в %)	Содержание в листьях	
	общий	зерна		на сосуд	на 1 колос	на сосуд	на 1 колос			белка (в %)	небелкового азота (в % от общего)
Через сутки на дистиллированной воде с рН 4,5	11,8	5,25	11	98	9	161	15	32,0	54	15,06	13,0
Через сутки на воде с алюминием (рН 4,5)	2,7	0,54	8	50	7	39	5	21,2	26	12,56	23,0

Действие алюминия зависит от биологических особенностей растений и от внешних условий, в которых их выращивают. В начале этой главы приведена группировка растений по их чувствительности к подвижному алюминию, без указания, при каких количествах алюминия растения начинают понижать урожай.

В течение последних лет на Агробиологической станции МГУ Т. П. Фроловской проведена под нашим руко-

водством серия вегетационных опытов с разными культурами, чтобы установить критические пределы подвижного алюминия, при которых снижается урожай растений и ухудшается его качество. Для этой цели в кислую дерново-подзолистую почву вносили разные дозы сернокислого алюминия $[Al_2(SO_4)_3]$. В результате этого были приготовлены почвы, отличающиеся только содержанием подвижного алюминия. В качестве общего фона вносили минеральные удобрения из расчета: азота и калия (K_2O) 0,1 г, а фосфора (P_2O_5) 0,05 г на 1 кг почвы.

Результаты исследований за несколько лет позволили составить следующую таблицу критических пределов алюминия в почве для ряда культур (табл. 24).

Т а б л и ц а 24

Критические пределы алюминия в почве для сельскохозяйственных культур

Культура	Количество алюминия (в мг на 100 г почвы), снижающего урожай на	
	20—50%	50—100%
Овес (Динне)	11—14	15—18
Кукуруза (Мос 5)	7—8	8—10
Ячмень (Винер)	7—8	8—10
Пшеница яровая (Московка)	8—10	10—12
Лен-долгунец	8—10	10—12
Гречиха (диплоидная)	6—7	8—10
Клевер красный (Мос 1)	5—6	7—8
Люцерна (Северная гибридная)	4—5	5—6
Люпин желтый	6—7	7—8
Свекла столовая (Бордо)	3—4	4—5
Свекла сахарная (одноростковая)	3—4	5—6
Кормовые бобы (Полевая жемчужина)	7—8	8—10

Некоторые культуры (столовая свекла, сахарная свекла, люцерна, клевер и др.) понижают урожай на 20—50% при содержании алюминия 3—5 мг на 100 г почвы и часто гибнут при содержании его 8—12 мг на 100 г почвы.

Следует иметь в виду, что данные, изложенные в таблице 24, получены в вегетационных опытах, где влажность в сосудах поддерживали на оптимальном уровне,

уделяли сорняки и тщательно ухаживали за растениями. В полевой обстановке создать такие условия трудно или практически невозможно. Поэтому в поле, на фоне более неблагоприятных условий произрастания растений, критические пределы алюминия в почве будут ниже, чем указано в таблице, то есть вредность его будет больше.

Данные о критических пределах подвижного алюминия следует использовать в практике земледелия. Вполне понятно, что на почве с повышенным содержанием алюминия в подвижной форме нельзя размещать культуры, обладающие большой чувствительностью к этому элементу.

Стойкость растений против вредного влияния подвижного алюминия, как уже отмечалось выше, зависит не только от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, но и от условий, в которых их выращивают. В частности, в опытах автора и других исследователей установлено, что фосфорные удобрения ослабляют отрицательное действие алюминия, а иногда и полностью устраняют его.

Высокий уровень питания растений фосфором и кальцием в первые 10—15 дней, когда растения наиболее чувствительны к алюминию, сильно ослабляет его отрицательное действие. Этот факт позволяет понять причины очень высокой эффективности рядкового внесения суперфосфата и извести на кислых почвах. В наших опытах и в опытах Центральной опытной станции ВИА при внесении 0,5 ц суперфосфата на 1 га в рядки получены прибавки урожая зерна 9—12 ц на 1 га. Значительно повысился урожай и от малых доз извести (2—3 ц на 1 га), внесенной в рядки.

Действие алюминия зависит от общего уровня питания и от форм удобрений. В наших опытах алюминий (10 мг на 100 г почвы) во всех случаях понижал урожай, но размер убыли существенно изменялся в зависимости от того, на фоне каких удобрений действовал алюминий. На фоне аммиачного азота и хлористого калия алюминий был более вреден, чем на фоне нитратного азота и сульфатов калия.

Чтобы изучить влияние алюминия на растения в зависимости от уровня питания, мы провели методом песчаных культур специальные опыты. В качестве среды использовали нашу питательную смесь в концентрации

$\frac{1}{8}$, $\frac{1}{2}$, 1 и 2 нормы. Результаты исследований показали, что отрицательное действие алюминия на растения находится в большой зависимости от уровня питания. Наибольший вред приносит алюминий при низком уровне питания. Так, при выращивании яровой пшеницы на $\frac{1}{8}$ нормы питательной смеси с алюминием вес соломы понизился на 55%, а зерна не было совсем. На фоне $\frac{1}{2}$ нормы в присутствии алюминия зерно образовалось, но урожай его составил всего 34% от контроля. Иная картина наблюдалась при внесении алюминия на фоне полной и двойной дозы питательных веществ: урожай общей массы и зерна в этих вариантах составил 94—99% от контроля. Таким образом, высокая обеспеченность растений питательными веществами защищает их от вредного действия алюминия.

Минеральные удобрения и известь оказывают большое влияние на содержание подвижного алюминия в почве. В опытах С. Г. Щербы, автора и других установлено, что аммиачные формы азота повышают количество алюминия в подвижной форме. Для того чтобы полнее выяснить роль удобрений, мы испытали разные дозы и формы их, включая и такие большие дозы, которые на практике не применяют. Здесь мы учли то обстоятельство, что при систематическом применении удобрений их действие нарастает. Кроме того, при локальном и неравномерном внесении удобрений в почве могут создаваться очаги с высокой концентрацией их, как и при использовании больших доз.

Лабораторный опыт заложили на двух дерново-подзолистых почвах. Первая из них кислая слабооккультуренная: рН солевой вытяжки 4,6, подвижного алюминия около 18 мг на 100 г почвы. Вторая среднеоккультуренная дерново-подзолистая: рН солевой вытяжки 5,3, подвижного алюминия 1,3 мг на 100 г почвы.

Влажность почвы поддерживали на уровне 60% капиллярной влагоемкости. Анализ почвы проведен через месяц после закладки опыта. Результаты его изложены в таблице 25.

На кислой почве суперфосфат уменьшает количество алюминия в подвижной форме. Происходит это, по-видимому, потому, что ионы фосфата связывают алюминий, образуя $AlPO_4$. На содержание подвижного алюминия суперфосфат на среднекислой почве влияния не оказал.

Содержание алюминия в почве в зависимости от форм и доз азотных, фосфорных и калийных удобрений (в мг на 100 г почвы)

Доза удобрения (в кг действующего вещества на 1 га)	Суперфосфат	Фосфоритная мука	Сульфат аммония	Натриевая селитра	Хлористый калий	Сернокислый калий
--	-------------	------------------	-----------------	-------------------	-----------------	-------------------

Кислая дерново-подзолистая почва

Контроль	17,91	17,91	17,91	17,91	17,91	17,91
60	17,55	18,81	23,13	19,62	18,63	18,27
300	17,28	15,84	33,84	16,56	19,26	18,90
1000	15,75	11,97	30,15	13,50	15,21	16,56
3000	11,52	6,57	35,28	12,87	13,14	15,57
5000	5,94	5,13	64,35	11,51	11,79	14,58
10 000	3,24	4,68	77,31	12,15	8,43	12,51

Среднекислая дерново-подзолистая почва

Контроль	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
60	1,26	1,44	3,51	3,33	1,62	1,98
300	1,26	0,63	14,85	2,34	1,62	1,62
1000	1,71	0,63	19,62	1,62	1,62	1,62
3000	1,53	0,63	22,03	2,97	1,35	1,62
5000	2,25	0,63	44,37	2,61	1,35	1,62
10 000	3,78	0,63	60,93	2,97	1,98	1,62

При очень высокой дозе его количество алюминия несколько увеличилось.

Фосфоритная мука резко понизила содержание алюминия в почве. Таким образом, положительная роль фосфоритной муки на кислой почве заключается не только в том, что она снабжает растения пищей, но и в том, что это удобрение уменьшает количество подвижного алюминия.

При внесении сульфата аммония значительно увеличивается содержание алюминия в почве, а натриевой селитры — уменьшается, но в меньшей мере, чем от суперфосфата и фосфоритной муки, что соответствует результатам исследований некоторых авторов.

Хлористый и сернокислый калий на содержание подвижного алюминия в среднекислой почве существенного влияния не оказали, а на кислой слабокультуренной почве несколько уменьшили его количество.

Наряду с лабораторным опытом на Агробиологической станции МГУ (Т. П. Фроловская) проведен полевой опыт, в котором изучено влияние различных удобрений в дозах, применяемых в производственных условиях.

Опыт заложен в четырехкратной повторности на кислой слабоокультуренной дерново-подзолистой почве. Анализ ее проведен через три месяца после внесения удобрений. Схема опыта и результаты исследований изложены в таблице 26.

Таблица 26

Влияние удобрений на содержание подвижного алюминия в дерново-подзолистой почве (среднее из восьми определений)

Вариант опыта	Подвижный алюминий (в мг на 100 г почвы)
Кислая почва (без удобрения)	13,70
То же + CaCO_3 по 0,25 гидролитической кислотности	4,86
» » + CaCO_3 по 0,50 гидролитической кислотности	0,27
» » + CaCO_3 по 1,00 гидролитической кислотности	0,00
» » + суперфосфат 60 кг на 1 га P_2O_5	12,08
» » + суперфосфат 120 кг на 1 га P_2O_5	12,28
» » + навоз 40 т на 1 га	8,84
» » + торфо-жижевой компост 40 т на 1 га (из низинного торфа)	6,48
Сульфат аммония 60 кг на 1 га N	17,32
Натриевая селитра 60 кг на 1 га N	14,47

Самым действенным средством для устранения подвижного алюминия в дерново-подзолистой почве является известкование. При этом извести в дозе по 0,5 гидролитической кислотности достаточно для того, чтобы понизить содержание алюминия в подвижной форме до безвредного минимума. Однако, если вносить известь в дозе по 0,25 гидролитической кислотности, которая нейтрализует не весь алюминий, то остаток (4,86 мг на 100 г почвы) может вредить многим сельскохозяйственным культурам.

Навоз при внесении его в дозе 40 т на 1 га существенно понизил содержание подвижного алюминия в почве, но не до безвредного минимума. Еще больше уменьшилось содержание этого элемента при использовании торфо-жижевого компоста. Однако следует иметь в виду,

что не всякий компост оказывает такое действие. В нашем случае компост приготовлен из низинного торфа с известковым туфом.

Известь устраняет излишнюю кислотность почв и уменьшает содержание подвижного алюминия в ней. Однако оставался неясным вопрос о том, как действует известь в пониженных дозах на содержание алюминия и какие дозы ее нужно вносить в зависимости от количества этого элемента в почве. Поэтому мы в 1951 г. заложили многолетний полевой опыт с разными дозами извести. Содержание алюминия было определено в 1959 г., то есть через девять лет после известкования. Результаты его следующие (в мг алюминия на 100 г почвы):

без извести	16,91
известь по полной гидролитической кислотности	0,22
То же по $\frac{1}{2}$ »	2,77
» » по $\frac{1}{16}$ »	14,52

Данные опытов показывают, что известь, внесенная в дозе по 0,5 гидролитической кислотности, в течение девяти лет сохраняла содержание подвижного алюминия на уровне безвредного минимума. Дозы извести по $\frac{1}{16}$ гидролитической кислотности было недостаточно, чтобы значительно понизить количество алюминия.

Лабораторный опыт на почвах с разным содержанием подвижного алюминия был поставлен в стеклянных сосудах. Анализы сделаны через месяц после внесения извести. Результаты изложены в таблице 27.

Таблица 27

Влияние извести в разных дозах на содержание подвижного алюминия в почве (в мг на 100 г почвы)

Доза извести	I почва	II почва	III почва	IV почва
Без извести	0,27	9,81	13,95	30,87
Известь по 0,25 гидролитической кислотности	0,09	2,61	8,10	12,24
Известь по 0,50 гидролитической кислотности	0,0	1,71	6,39	3,15
Известь по 0,75 гидролитической кислотности	0,0	1,08	5,31	3,15
Известь по 1,0 гидролитической кислотности	0,0	0,63	4,77	2,25

С увеличением дозы извести в почве уменьшается количество алюминия в подвижной форме. При этом в почву, содержащую алюминий в количестве 9,8 мг на 100 г, достаточно внести известь по 0,25 гидролитической кислотности, чтобы устранить вредное действие алюминия. На почвах с большим содержанием этого элемента такая доза явно недостаточна, и ее надо повысить и вносить известь по 0,5 гидролитической кислотности.

Результаты многочисленных опытов позволяют внести важное для практики предложение. По нашему мнению, при почвенно-агрохимических исследованиях в зоне дерново-подзолистых почв наряду с картограммами кислотности и запасов калия и фосфора в усвояемых формах следует составлять картограммы содержания подвижного алюминия. Это позволит выявить почвы с большим содержанием подвижного алюминия, которые нужно известковать в первую очередь и вносить на них более высокие дозы извести, а также разумно разместить отдельные культуры с учетом их чувствительности к алюминию в подвижной форме.

МАРГАНЕЦ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

К неблагоприятным факторам кислых дерново-подзолистых почв относится и избыток в них марганца в подвижной форме.

Марганец принадлежит к числу элементов, необходимых растениям. В некоторых почвах его не хватает, и чтобы устранить этот недостаток, применяют марганцевые удобрения.

В кислых дерново-подзолистых почвах марганец часто содержится в избыточном количестве, что оказывает отрицательное действие на растения. Подробное изучение этого вопроса освещено в книге автора «Вопросы земледелия на кислых почвах». Здесь приведем лишь основные выводы из наших исследований. Большое количество подвижного марганца нарушает в растениях углеводный, фосфатный и белковый обмен, отрицательно влияет на закладывание генеративных органов, процесс оплодотворения и налив зерна. Особенно сильное отрицательное действие подвижного марганца наблюдается

во время зимовки растений. Отдельные культуры по своей чувствительности к подвижному марганцу различаются весьма резко: одни растения без вреда переносят сравнительно высокие концентрации этого элемента, в то время как другие при тех же концентрациях погибают.

Изученные нами растения по их чувствительности к подвижному марганцу можно разделить на четыре группы: к первой группе с очень высокой стойкостью относятся тимopheевка луговая; во вторую группу растений, отличающихся достаточно высокой стойкостью против марганца, входят овес, чумиза, просо, кукуруза, люпин и турнепс; к третьей группе, чувствительной к подвижному марганцу, относятся горох, гречиха, фасоль, репа, яровая пшеница, ячмень и столовая свекла, и в четвертую группу с очень высокой чувствительностью входят люцерна, клевер красный, лен, озимая пшеница и озимая рожь. У озимых культур высокая чувствительность к подвижному марганцу проявляется лишь в процессе зимовки.

Растения менее стойки против марганца в первый период жизни и во время зимовки.

Количество подвижного марганца в почве зависит от ее кислотности, влажности и аэрации. Как правило, чем кислее почва, тем больше в ней марганца в подвижной форме. Резко увеличивается содержание этого элемента в условиях избыточной влажности и плохой аэрации. Особенно много марганца содержится в почве ранней весной и осенью, когда влажность ее наиболее высокая; летом количество подвижного марганца уменьшается. Систематическое применение на дерново-подзолистых почвах аммиачных удобрений увеличивает содержание подвижного марганца.

Количество марганца в почве находится в большой зависимости от ее окультуренности. Систематическое применение органических удобрений уменьшает содержание подвижного марганца до безвредного минимума. Фосфатные удобрения и особенно известь резко снижают отрицательное влияние этого элемента.

Чтобы устранить избыток марганца, почвы нужно известковать, вносить органические удобрения, широко применять фосфорные удобрения, в частности суперфосфат в рядки и в лунки, соответствующей обработкой устранять избыточное увлажнение почвы.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В НИХ

Микроорганизмы играют большую роль в создании плодородия почвы. Объясняется это прежде всего тем, что под влиянием микроорганизмов (аммонификаторов, нитрификаторов и др.) происходит распад органических веществ почвы и перевод их из недоступного в доступное для растений состояние. Процесс нитрификации подробно изучен С. Н. Виноградским в конце прошлого века. Последующие исследования позволили установить, какие внешние факторы и приемы агротехники оказывают влияние на этот процесс.

Существенное значение в превращении органических веществ в почве имеют целлюлозоразлагающие микроорганизмы. В настоящее время установлено, что микроорганизмы могут разлагать и минеральные вещества, превращая их в доступное для растений состояние.

Наряду с распадом органических веществ, под влиянием микроорганизмов идет их синтез. В этом случае микроорганизмы, используя растворимые формы азота, фосфора и других питательных элементов, хотя бы временно, но все же приводят их в мало или совсем недоступное для растений состояние.

Следовательно, в почве одновременно идут процессы распада и процессы синтеза веществ. Однако роль почвенных микроорганизмов этим не исчерпывается. По современным данным, они выполняют многочисленные функции, например фиксируют азот воздуха в симбиозе с растениями (клубеньковые бактерии) и непосредственно (азотобактер, клостридиум пастерианум и др.) участвуют в питании растений (микоризы). Большую роль играет ризосферная микрофлора, которая является продуцентом различных биологически активных веществ — витаминов, ауксинов, аминокислот. Некоторые из микроорганизмов — антагонисты фитопатогенных бактерий, грибов и простейших — защищают растения от болезней и усиливают их иммунные свойства.

Среди многочисленной микрофлоры имеются полезные и вредные микроорганизмы. В нашу задачу не входит рассмотрение всей проблемы почвенной микробио-

логин. Этот вопрос нашел свое отражение в капитальных трудах Н. А. Красильникова (1958), М. В. Федорова (1954) и других. Мы остановимся главным образом на результатах наших многолетних опытов, в которых мы изучали влияние свойств почв на некоторые виды полезных и вредных микроорганизмов.

К полезным микроорганизмам относятся аммонификаторы, нитрификаторы, целлюлозоразлагающие бактерии, азотобактер, клостридиум пастерианум, клубеньковые бактерии и другие, а к вредным — некоторые виды грибов, бактерий и актиномицетов.

Размножение тех или иных видов микроорганизмов зависит от той среды, в которой они обитают. Жизнедеятельность почвенных микроорганизмов прежде всего зависит от свойств почвы.

Среди многих свойств почв особенно большое влияние на микроорганизмы оказывает реакция среды. Сводные данные по этому вопросу представлены в таблице 28.

Т а б л и ц а 28

Отношение микроорганизмов к реакции среды
(данные Е. Н. Мишустина)

Название микроорганизмов	Кислотность (рН), при которой возможно развитие микроорганизмов		
	минимальная	оптимальная	максимальная
Гнилостные бактерии	Около 4,5	Около 7,0	Около 9,0
Клубеньковые бактерии	» 4,3	» 7,0	» 10,0
Азотобактер	» 5,0	» 7,0	» 9,0
Нитрификаторы	» 4,0	7,8—8,0	» 10,0
Актиномицеты	» 4,5	Около 7,0	» 9,0
Плесени	» 1,5	» 7,0	» 9,0

Для большинства микроорганизмов оптимальные условия создает нейтральная почва, однако устойчивость отдельных групп микроорганизмов против кислой реакции различна. Наиболее устойчивы плесени: они живут и размножаются в таких условиях, в которых многие бактерии погибают. Наглядное представление об этом дают результаты исследований известного американского микробиолога Ваксмана (табл. 29).

Отношение бактерий и грибов к реакции среды

рН почвы	Бактерии (в 1 г почвы)	рН почвы	Грибы (в 1 г почвы)
6,2	13 600 000	6,6	26 200
5,6	12 600 000	6,2	30 100
5,1	4 800 000	5,8	73 000
4,8	4 000 000	4,0	110 000

С подкислением почвы количество грибов в ней резко возрастает. Следует, однако, иметь в виду, что микроорганизмы одной и той же группы относятся не всегда одинаково к кислой реакции среды. Так, большинство бактерий не развивается при рН ниже 4,5—5,0, хотя бактерии, окисляющие серу, обладают высокой кислотоустойчивостью, а среди плесеней имеются представители, которые плохо растут в кислой среде.

Особенно сильное отрицательное действие оказывает излишняя кислотность почвы на такие микроорганизмы, как клубеньковые бактерии и азотобактер, с которыми связана проблема биологической фиксации атмосферного азота — проблема биологического азота.

Немецкий ученый Гельригель еще в 1888 г. доказал, что бобовые культуры, образуя на корнях клубеньки, способны усваивать азот воздуха.

Голландский ученый Бейеринк выделил клубеньковые бактерии в чистую культуру.

Симбиоз клубеньковых бактерий с бобовыми культурами играет очень большую роль в балансе азота в почве. Но размножение клубеньковых бактерий и фиксация ими атмосферного азота зависят от свойств почвы и удобрений. Рассмотрим этот вопрос на основе наших опытов с кормовыми бобами, клевером и люцерной.

В 1962 г. на Агробиологической станции МГУ были поставлены опыты с кормовыми бобами (сорт Полевая жемчужина) на почвах с разной степенью окультуренности. Хорошо окультуренная почва получила 40 т навоза на 1 га и полное минеральное удобрение, средне-окультуренная почва — полное минеральное удобрение без навоза; на обе почвы вносили известь. В третью, сла-

боокультуренную, известкованную, почву вносили полное минеральное удобрение.

Подсчет клубеньков на корнях кормовых бобов показал, что на кислой слабокультуренной почве их почти не было, а наибольшее количество клубеньков образовалось на хорошо окультуренной почве. Промежуточное положение по количеству клубеньков заняли растения на среднеокультуренной почве.

Второй опыт по влиянию свойств почв на образование клубеньков на корнях кормовых бобов проведен в 1962 г. на участке с кислой почвой, известкованной в 1951 г. Известь внесена по полной гидролитической кислотности. Результаты этого опыта изложены в таблице 30.

Таблица 30

Влияние свойств почв на образование клубеньков на корнях кормовых бобов (полевой опыт 1962 г.)

Вариант опыта	Число клубеньков на 1 растение			Средний вес клубенька (в мг)			Вес клубеньков на 1 растение (в среднем за период вегетации)	
	26 июня	6 июля	10 августа	26 июня	6 июля	10 августа	в мг	в % от конт. поля
Кислая почва (без удобрения)	0	0	2	0	0	20	40	100
То же + NPK	0	1	2	0	10	15	30	75
Известкованная почва	2	20	18	15	45	24	432	1080
То же + NPK	29	43	77	8	12	26	2002	5005

На кислой почве с удобрением и без него на корнях кормовых бобов клубеньков почти нет. Известь, внесенная 11 лет назад, увеличила вес клубеньков в 10 раз, а минеральные удобрения на фоне извести — в 50 раз по сравнению с их весом на кислой почве. Таким образом, минеральные удобрения на кислой почве не оказали положительного действия на образование клубеньков, а на известкованной почве увеличили их вес в 5 раз (по сравнению с вариантом, на который вносили известь).

Свойства почвы оказывают большое влияние на образование клубеньков у клевера и люцерны. Так, в одном

из наших полевых опытов на одном растении клевера, выращенном на кислой почве, обнаружено 16 клубеньков, а выращенном на известкованной почве — 60 клубеньков. При этом в корневых и пожнивных остатках клевера на кислой почве содержалось 1,36 кг азота на 1 га, а на известкованной — 49,49 кг.

В вегетационных опытах с люцерной на среднеоккультуренной почве без удобрений на корнях одного растения образовалось 56 клубеньков, а при внесении извести — 236.

Корневые и пожнивные остатки люцерны (полевой опыт) содержали азота: на почве без удобрений — 10,71 кг на 1 га, а на почве, получившей известь и навоз, — 92,29 кг на 1 га.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что деятельность клубеньковых бактерий и их способность фиксировать азот воздуха зависят от свойств почвы. Для того чтобы клубеньковые бактерии работали с максимальной эффективностью, необходимо кислые дерново-подзолистые почвы известковать и применять другие приемы их окультуривания. Среди полезных почвенных микроорганизмов видное место занимает азотобактер, способный усваивать азот воздуха независимо от растений. Однако деятельность его теснейшим образом связана со свойствами почвы.

Н. Н. Сушкина (1947) исследовала распространение азотобактера в различных местах Советского Союза. Она брала образцы на необработанных дерново-подзолистых почвах, но азотобактера в них не обнаружила.

Обследование почв Агробиологической станции МГУ (Ю. А. Худякова) показало, что почвы (на площади 225 га) содержат различное количество азотобактера. В почвах припарникового участка, где в течение многих лет вносили органические удобрения, азотобактера очень много. Обнаружен он и на других окультуренных почвах с pH 6,0—6,5, редко встречается на почвах средней окультуренности с pH 5,5 и совсем не найден на кислых почвах с pH 4,0—5,3.

Причиной отсутствия азотобактера в слабоокультуренной дерново-подзолистой почве являются излишняя кислотность, избыток подвижного алюминия, недостаток фосфора и органического вещества, а также содержание большого количества микроорганизмов — антагонистов

азотобактера. Если в такие почвы внести азотобактер, то он через 2—3 суток полностью погибает.

Таким образом, азотобактер живет, размножается и усваивает азот воздуха только на достаточно окультуренных слабокислых или нейтральных почвах. В этом случае он значительно повышает почвенное плодородие и урожай растений. Применение азотобактерина на кислых почвах совершенно бесполезно.

Свойства почвы оказывают большое влияние на анаэробный фиксатор азота воздуха клостридий пастерианум (*Clostridium pasteurianum*) и целлюлозоразлагающие микроорганизмы.

Научный сотрудник Агробиологической станции МГУ Л. Н. Степанова в течение нескольких лет проводила учет клостридия пастерианум в почвах, в которые запахивали кормовой люпин и вносили фосфоритную муку, торфо-жижевой компост, навоз и известь. Средние данные представлены в таблице 31.

Таблица 31

Влияние удобрений на содержание клостридий пастерианум в почве

Вариант опыта	Число клеток клостридий пастерианум (в тыс. на 1 г почвы)
Кислая почва (без удобрения)	7,68
То же + люпин на фоне фосфоритной муки (5 ц на 1 га)	56,7
То же + торфо-жижевой компост (40 т на 1 га) на фоне извести	119,6
То же + навоз (40 т на 1 га) на фоне извести	120,3

Из данных таблицы видно, что возделывание люпина на фоне фосфоритной муки повысило содержание клостридий пастерианум в 8 раз, а внесение торфо-жижевого компоста и навоза на фоне извести — почти в 16 раз.

В течение нескольких лет мы наблюдали за развитием микроорганизмов на известкованной и кислой почве (рН 4,6), удобренной и неудобренной. Микробиологические анализы почвы проведены Л. Н. Степановой по методике, рекомендованной Всесоюзной конференцией по почвенной микробиологии (декабрь, 1953 г.) Пробы для анализа

в течение лета взяты 7 раз — в мае, июне, июле, августе, сентябре, октябре и ноябре; в таблице 32 приведены средние данные.

Таблица 32

Влияние удобрений на содержание микроорганизмов в почве

Вариант опыта	Аммонификаторы (в млн. на 1 г поч- вы)	Олигонитрофилы (в тыс. на 1 г поч- вы)	Клостридиум пасте- рианум (в тыс. на 1 г почвы)	Нитрификаторы (в тыс. на 1 г почвы)	Активность разло- жения клетчатки (число пятен разло- жения)
Кислая почва	2,16	41,9	32,0	21,8	163,8
То же + N	2,11	31,1	13,5	12,5	96,1
» » + K	1,17	34,2	15,9	179,5	140,3
» » + NK	1,17	49,8	24,7	167,0	39,0
» » + NPK	3,77	39,0	118,1	334,4	113,3
Почва, удобренная навозом и известью	2,11	58,7	202,1	164,8	176,5
То же + N	3,28	63,2	75,7	702,5	213,1
» » + K	1,31	70,7	173,0	589,5	215,4
» » + NK	5,66	64,6	140,0	847,6	255,4
» » + NPK	7,23	64,5	229,4	547,0	212,0

Внесение извести и навоза резко повысило интенсивность микробиологических процессов. Фосфорные удобрения на фоне кислой почвы увеличили количество аммонификаторов, а калийные и азотно-калийные — уменьшили. Содержание в почве олигонитрофилов от внесения минеральных удобрений изменилось незначительно, а от применения извести и навоза повысилось приблизительно в 1,5 раза. Азотобактер отсутствовал во всех вариантах опыта, между тем как второй фиксатор азота воздуха — клостридиум пастерианум — в сравнительно больших количествах встречался на каждой делянке. Азотные, калийные и азотно-калийные удобрения подавляли жизнедеятельность этого микроорганизма, а фосфорные стимулировали ее. Внесение извести и навоза увеличило содержание клостридиума пастерианум в почве в 2—10 раз.

Минеральные удобрения оказали очень сильное влияние на развитие нитрификаторов. Азот на кислой почве снижал количество нитрификаторов, а на известкован-

ной, наоборот, резко увеличивал. Калийные удобрения значительно повысили содержание нитрификаторов на кислой и на известкованной почвах, а фосфорные — на кислой почве. Известь и навоз активизировали жизнедеятельность целлюлозоразлагающих бактерий, а азотные и азотно-калийные удобрения на кислой почве резко затормозили разложение клетчатки. Фосфор и калий на целлюлозоразлагающие бактерии существенного влияния не оказали.

Таким образом, действие удобрений на активность микробиологических процессов зависит как от свойств самих удобрений, так и от свойств почв. В одних почвенных условиях удобрения стимулируют развитие полезных микроорганизмов, а в других, наоборот, подавляют его.

Наряду с полезными микроорганизмами в почве встречаются и вредные, выделяющие токсические вещества. Обширные исследования токсических микроорганизмов почвы проводятся сейчас на кафедре биологии почвы и на Агробиологической станции МГУ под руководством члена-корреспондента АН СССР Н. А. Красильникова.

Выделяемые микроорганизмами-ингибиторами токсины подавляют прорастание семян, резко замедляют рост корневой системы и в целом растений и понижают урожай (рис. 1). Ингибиторы обнаружены среди бактерий, грибов и актиномицетов.

Токсичность микроорганизмов определяли по действию их суспензии и культуральной жидкости в течение суток на проростки пшеницы и на азотобактер. Контрольные семена замачивали в воде и стерильном мясо-пептонном бульоне.

Из почв, на которых был заложен многолетний опыт, Л. Н. Степанова выделила в чистую культуру 143 штамма; из них 42 обладали токсическими свойствами. При этом важно отметить, что токсических форм больше всего обнаружено на кислых почвах, получавших азотные удобрения в аммиачной форме, под влиянием которых агрохимические свойства почвы ухудшались (увеличивались актуальная, обменная и гидролитическая кислотность, содержание подвижных алюминия и марганца). Так, 17 мая на кислой почве без удобрений выявлено токсических форм 13% по отношению к общему количеству колоний; на той же почве, удобренной аммиачным

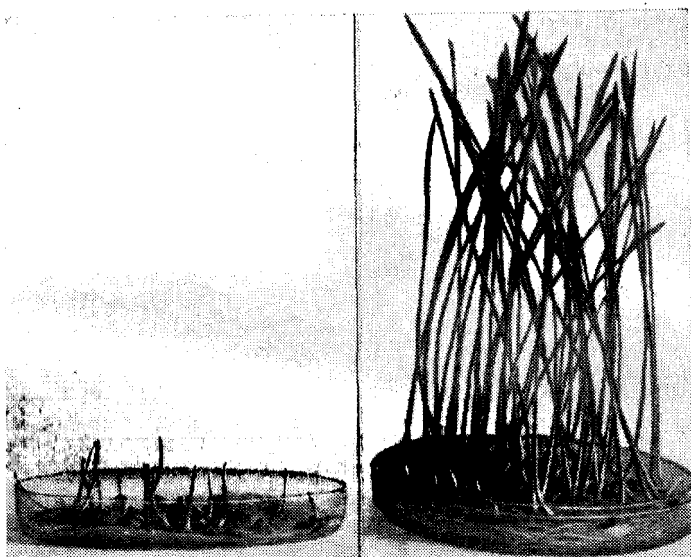


Рис. 1. Влияние культуральной жидкости бактерий на прорастание семян пшеницы:

слева — семена замочены в культуральной жидкости бактерий;
справа — семена замочены в воде.

азотом, — 26% и удобренной NPK на фоне извести — всего 3%, а 8 августа соответственно 14, 21 и 70%.

Больше всего токсических форм принадлежит к различным видам рода *Bacillus* и *Bacterium*; часто встречаются *Bac. mesentericus* и *Bac. cereus*.

Для высших растений и полезных микроорганизмов токсичны и многие виды грибов, которые хорошо развиваются на кислых почвах.

По данным Т. Г. Мирчинк, общее количество грибов при взятии проб на наших опытных делянках 23 июня на кислой почве без удобрений составило 11,6 тыс. на 1 г; на почве, удобренной аммиачным азотом, — 25,3 и на почве с известью и навозом — 9,2 тыс. на 1 г. Аналогичная картина наблюдалась и при взятии проб 21 августа, то есть соответственно 60, 138 и 36 тыс. на 1 г почвы.

Т. Г. Мирчинк выделила грибы в чистую культуру и испытывала их токсичность при прорастании семян пшеницы. При этом на кислой почве обнаружено токсичных

форм грибов 32%, а на почве, получившей известь и полное минеральное удобрение, —15%.

Подробное изучение видового состава токсических форм грибов показало, что наибольшее количество их приходится на некоторые виды из рода *Penicillium*, *Fusarium* и *Trichoderma*.

Особенно токсичными свойствами обладают *P. cyclopium* Weste., *P. nigricans* Thom. и др. Культуральная жидкость этих грибов полностью или в очень сильной степени подавляла прорастание семян пшеницы и первоначальный рост ее корней и проростков.

Таким образом, при систематическом применении аммиачных форм азотных удобрений не только ухудшаются агрохимические свойства кислых почв, но и накапливаются в них токсические микроорганизмы.

Н. А. Красильников изучал влияние актиномицетов на растения. Результаты его исследований приведены в таблице 33.

Таблица 33

Влияние фильтратов актиномицетов на проростки растений
(длина в см)

Актиномицеты	Пшеница		Кукуруза		Фасоль	
	корешки	ростки	корешки	ростки	корешки	ростки
<i>A. auranticus</i> , штамм 1149	1,5	2,0	12,0	7,0	15,0	13,7
То же, штамм 1306	1,5	7,5	0,7	3,5	1,7	3,8
<i>A. griseus</i> , штамм 2411	12,4	10,5	13,7	15,0	11,0	8,8
Контроль	14,0	15,0	15,0	12,0	18,5	14,0

Актиномицеты также обладают сильными токсическими свойствами. При этом токсичность отдельных видов их неодинакова. Замечена разница и в стойкости отдельных растений против токсических выделений актиномицетов.

Токсические вещества микроорганизмов оказывают влияние на химический состав растений, а следовательно, и на обмен веществ. По данным Л. Н. Степановой, в растениях, обработанных бактериальным токсином, снижалось содержание общего азота, фосфора, суммы сахаров и моносахаридов.

От токсических выделений в известной мере зависит жизнедеятельность многих микроорганизмов. Чтобы выяснить причины гибели азотобактера в кислых дерново-подзолистых почвах, Л. Н. Степанова проводила многочисленные опыты, в которых изучала антагонистов. Для этого на газон чистой культуры азотобактера накладывали агаризованные блоки газонов почвенных бактерий. Через трое суток после наложения учитывали размер стерильных зон на газоне азотобактера.

Вокруг блоков бактерий-антагонистов образовались зоны угнетения азотобактера, в то время как многие микроорганизмы не были вредны для азотобактера. Часть результатов этих опытов приведена в таблице 34.

Таблица 34

Антагонистическое действие почвенных бактерий на азотобактер (среднее из шести повторностей)

Культура бактерий	Диаметр смертельных зон (в мм)
Тип <i>Bac. mesanthericus</i> (№ 103)	0
<i>Bac. mesanthericus niger</i> (№ 120/1)	16
Тип <i>Bac. idosus</i> (№ 132/2)	14
<i>Bac. calidolactis</i> (№ 105)	14
<i>Bac. agglomerasus</i> (№ 124)	0

Одни бактерии очень сильно угнетают развитие азотобактера, а другие ему не наносят вреда. Наиболее вредны для азотобактера бактерии типа *Bac. niger*.

Были проведены также опыты, в которых в почвенных условиях изучалось влияние бактерий-антагонистов на азотобактер. Для этого на хорошо окультуренную почву огородного типа после ее стерилизации вносили совместно с чистой культурой азотобактера бактерии-антагонисты. Исследования показали, что многие бактерии-антагонисты способствовали гибели азотобактера или резко уменьшали его количество. Интересно отметить, что больше всего бактерий — антагонистов азотобактера было выделено на почвах, получавших аммиачный азот, что ухудшает агрохимические свойства. На

почве с известью и навозом бактерий-антагонистов было значительно меньше, чем на кислой почве. Аналогичные результаты получены и в опытах с клубеньковыми бактериями.

Таким образом, от свойств почвы зависит не только стойкость и урожай растений, но и жизнедеятельность полезных и вредных микроорганизмов. Свойства почвы, способствующие стойкости растений и повышению их урожайности, оказывают благоприятное влияние на полезные микроорганизмы, и, наоборот, свойства почвы и удобрения, вызывающие гибель растений, отрицательно действуют на полезную микрофлору и способствуют развитию вредных микроорганизмов.

ВЫВОДЫ

1. Растения предъявляют различные требования к реакции среды. Одни из них предпочитают нейтральную или слабощелочную среду, другие — слабокислую, а третьи — кислую.

2. Влияние реакции среды на растения зависит не только от их биологических особенностей, но и от внешних факторов.

3. Действие кислой реакции среды на растения в значительной степени зависит от удобрений. Кальций и другие катионы, а также фосфорные удобрения ослабляют отрицательное влияние кислой реакции; азот в аммиачной форме и хлориды усиливают его.

4. Вредное действие кислой реакции среды зависит от интенсивности освещения: при нормальном освещении растения лучше переносят кислую почву, чем при ослабленном.

5. Влияние кислой реакции среды на растения зависит и от влажности почвы: избыточная влажность усиливает отрицательное действие кислой среды.

6. Чувствительность растений к кислой реакции среды меняется с возрастом: особенно плохо переносят кислую реакцию молодые растения.

7. От реакции среды зависит поступление питательных веществ в растения: в кислой среде уменьшается поступление катионов (кальция, магния, калия и др.), азота и фосфора и увеличивается поступление марганца.

8. Кислая реакция среды нарушает обмен веществ в растениях: ослабляется процесс превращения моносахаридов в дисахариды и другие более сложные органические соединения, тормозится образование белков и фосфорорганических соединений — нуклеопротеидов, фитина, фосфатидов.

9. Реакция среды оказывает существенное влияние на активность ферментов в растениях. Кислая среда увеличивает гидролитические процессы и замедляет синтетические. В растениях, произрастающих на кислой почве повышается активность пероксидазы, гидролитическая активность инвертазы и протеолитических ферментов и понижается интенсивность фотосинтеза, содержание хлорофилла в растительных тканях. В кислой среде интенсивность дыхания повышается.

10. Реакция среды оказывает на растения прямое и косвенное действие. Водородные ионы, поступая в растительный организм, влияют на биохимические процессы в нем, а подкисляя почву, действуют на микробиологические процессы, которые обуславливают доступность или недоступность питательных веществ растениям.

11. Подвижные формы алюминия оказывают сильное отрицательное действие на растения, что часто превосходит неблагоприятное действие актуальной кислотности.

12. Под влиянием подвижного алюминия озимые культуры, клевер, люцерна и многие яровые растения частично, а иногда и полностью погибают.

13. Подвижные формы алюминия снижают урожай уцелевших растений, ослабляют закладывание генеративных органов, процесс оплодотворения и налив зерна, а также нарушают обмен веществ.

14. Алюминий тормозит превращение моносахаридов в сахарозу и другие, более сложные органические соединения. Под его влиянием в растениях резко увеличивается содержание небелкового азота и уменьшается количество белков, ослабляется синтез фосфатидов, нуклеопротеидов и хлорофилла.

15. Алюминий в подвижной форме оказывает большое влияние на активность ферментов в растениях: активность инвертазы, каталазы и протеолитических ферментов у растений, выросших на почве с избытком алюминия, падает, а пероксидазы — возрастает.

16. Подвижный алюминий не только приводит к гибели многих растений, понижает их урожай, но и резко ухудшает качество растительной продукции. В растениях резко уменьшается содержание белка, аскорбиновой кислоты и каротина.

17. Действие подвижного алюминия на растения зависит от уровня питания и форм удобрений. На высоком агрофоне алюминий менее вреден, чем при недостатке питательных веществ. Особенно благоприятное действие оказывает на растение повышенный уровень питания фосфором и кальцием в первый период их жизни.

На фоне аммиачных азотных удобрений и хлоридов алюминий понижает урожай в большей мере, чем на фоне нитратных удобрений и сульфатов.

Фосфорные удобрения резко ослабляют, а иногда и полностью устраняют вредное действие алюминия.

18. Количество подвижного алюминия в почве можно регулировать внесением удобрений и извести. Навоз и всевозможные компосты понижают содержание алюминия в почве, но однократного их внесения недостаточно, чтобы понизить его уровень до безвредного минимума. Систематическое и длительное применение органических удобрений полностью устраняет вредное действие алюминия. Аммиачные формы азота повышают содержание подвижного алюминия в дерново-подзолистой почве, а нитратные формы, суперфосфат и фосфоритная мука — понижают его.

19. Наиболее эффективным средством для устранения подвижного алюминия в почве является известкование. Дозы извести нужно устанавливать не только в зависимости от ее кислотности, но и от содержания в ней подвижного алюминия.

20. При составлении почвенно-агрохимических карт в дерново-подзолистой зоне необходимо составлять картограммы содержания в почве подвижного алюминия. Такие картограммы нужны, чтобы правильно устанавливать очередность известкования полей, дозы извести и размещать культуры в полях севооборота с учетом их чувствительности к алюминию.

21. Кислые дерново-подзолистые почвы часто содержат избыточное количество марганца, что очень вредно для растений. При избытке в почве марганца в подвижной форме в растениях нарушается углеводный, белковый

и фосфатный обмен. Особенно вреден избыток марганца во время зимовки растений и в первый период их жизни.

22. Растения по своей чувствительности к подвижному марганцу различаются весьма резко.

23. Содержание подвижного марганца в почве зависит от ее кислотности, влажности, аэрации и удобрения.

24. Свойства почвы, способствующие стойкости растений и повышению их урожайности, оказывают благоприятное влияние на жизнедеятельность полезных микроорганизмов, а свойства почвы и удобрения, вызывающие гибель растений, отрицательно действуют на полезную микрофлору и способствуют развитию вредных микроорганизмов.

II. СТОЙКОСТЬ И УРОЖАЙ ОЗИМОЙ РЖИ И ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА СТОЙКОСТЬ И УРОЖАЙ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР

В Советском Союзе озимая рожь и озимая пшеница занимают много миллионов гектаров. Народнохозяйственное значение их огромно. Озимые культуры на обширных площадях возделывают и в районах нечерноземной зоны. Особенно велико здесь значение озимой ржи, а в последнее время резко возрастает значение и озимой пшеницы. В будущем нечерноземная зона станет одним из пшеничных районов страны. Однако при выращивании озимых культур в нечерноземной зоне встречаются большие трудности.

Убытки от гибели озимых ржи и пшеницы учитывают далеко не полностью. Обычно гибель озимых определяют по сплошным выпадам, а между тем при изреживании посевов потери гораздо больше. Подсчеты показывают, что осенью на 1 кв. м произрастает 300—400 растений, а весной их остается всего 150—200. Вполне понятно, что при наличии 200 растений на 1 кв. м никто не будет считать озимые погибшими, хотя при таком сплошном и на первый взгляд удовлетворительном травостое около половины растений выпало. В результате резко снижается урожай. По нашим данным, в условиях нечерноземной зоны гибель озимой пшеницы от изреживания достигает не менее 50%, а озимой ржи — не менее 25%. Вполне понятно, что это — огромный ущерб для народного хозяйства.

Учитывая это, мы провели целую серию исследований, чтобы выяснить влияние свойств дерново-подзолистых почв, различных удобрений, а также условий зимовки

на зимостойкость озимой ржи и озимой пшеницы. Опыты закладывали на производственных посевах колхозов «Заря коммунизма» и «Путь к коммунизму» Солнечногорского (б. Химкинского) района Московской области, а также на Агробиологической станции МГУ (Солнечногорский район).

Озимая пшеница (сорт Пшенично-пырейный гибрид 599) в первом опыте была посеяна на двух рядом расположенных участках, почвы которых по своим генетическим свойствам не различались, но были неодинаковыми по степени окультуренности. На один участок площадью 1,5 га несколько лет вывозили навоз и выращивали здесь овощные культуры, а на другой площадью 6 га навоз вывозили редко и возделывали на нем зерновые. Почвы первого участка были хорошо окультурены, а почвы второго — слабо. Окультуренный участок расположен на пониженном элементе рельефа, а слабоокультуренный — на неровном рельефе. Одна часть его расположена, так же как и окультуренный участок, в понижении, а вторая — на повышенном элементе рельефа. Понижение имело форму блюдца, и в нем застаивалась вода.

На обоих участках озимую пшеницу сеяли тракторной сеялкой в один и тот же день; норма высева — 2 ц на 1 га. Несмотря на это, гибель растений во время перезимовки и урожайность их были резко различными (табл. 35).

На участке с окультуренной почвой получен высокий урожай (34,6 ц с 1 га) и нормальный травостой растений. Иная картина наблюдалась на слабоокультуренной почве. Средний урожай здесь составил всего лишь 12,3 ц с 1 га. При этом на повышенной части участка урожай был значительно выше, чем в низине.

Особый интерес представляют результаты подсчета уцелевших при перезимовке растений на участке со слабоокультуренной почвой. Ко времени уборки на повышенном элементе рельефа здесь сохранилось 117 растений на 1 кв. м, несущих 264 колосоносных стебля, а в низине всего 26 растений с 29 колосоносными стеблями.

На повышенных элементах рельефа снеговой покров был меньше, чем в понижениях, и температура в зоне узла кущения озимой пшеницы также была ниже. Если бы озимые погибли от действия низких температур, то это произошло в первую очередь на бугристых местах.

Таблица 35

Влияние почвенных условий на перезимовку и урожай озимой пшеницы в колхозе «Заря коммунизма» Солнечногорского района Московской области (первый опыт)

Почва	Рельеф	Урожай зерна (в ц с 1 га)	Ко времени уборки на 1 кв. м сохранилось		рН		Кислотность (в м.-экв. на 100 г почвы)		Алюминий	Фосфор (по Тру-гу)
			растений	колосоносных стеблей	соловой вытяжки	водной вытяжки	обменная	гидролитическая		
Хорошо окультуренная	Пониженный	34,6	182	568	5,6	6,0	0,12	3,45	0,63	7,2
Слабо окультуренная	Повышенный	12,3	117	264	4,7	5,9	0,38	4,68	2,80	—
	Пониженный	—	26	29,6	4,6	5,9	1,05	—	8,86	24

Фактически получалось наоборот: число перезимовавших растений на бугристом месте было в 4,5 раза больше, чем в понижении. Из этого ясно, что главной причиной выпадения озимой пшеницы в нашем опыте было не прямое воздействие низких температур, а что-то другое. Следует отметить, что в год проведения опыта зима в условиях Московской области была мягкая.

Агрохимическое исследование почв показало, что гибель озимой пшеницы теснейшим образом связана с их свойствами: на окультуренной слабокислой почве, отличающейся большим запасом усвояемой пищи и незначительным содержанием подвижного алюминия, растения прекрасно перенесли условия перезимовки, а на почве слабоокультуренной, с повышенной кислотностью, малым запасом питательных веществ и большим количеством подвижного алюминия растения в значительной степени погибли.

Еще больший интерес представляет собой второй производственный опыт на площади 17 га. Из них 16 га —

слабокультуренный участок с дерново-подзолистой почвой, на котором ранее возделывали зерновые культуры, а около одного гектара пашни в прошлом (15 лет назад) было занято огородами колхозников; почва здесь систематически получала навоз и, следовательно, была хорошо окультурена.

Большая часть семнадцатигектарного поля (12 га) была известкована, а меньшая (5 га) извести не получила. Известь вносили в пару в дозе 2,5 т на 1 га и заделывали плугом. Результаты учета урожая и агрохимическая характеристика почвы изложены в таблице 36.

Таблица 36

Влияние свойств почвы на зимостойкость и урожай озимой пшеницы в колхозе «Заря коммунизма» Солнечногорского района Московской области (второй опыт)

Вариант опыта	Урожай зерна		Число колосовых стеблей на 1 кв. м		РН (солевой вытжки)	Гидролитическая кислотность (в м.-экв. на 100 г почвы)	Алюминий	Марганец	Фосфор (по Труогу)
	в ц с 1 га	в %	в шт.	в %					
Слабокультуренная почва (без известкования)	0	0	0	0	4,5	9,06	34,9	12,8	1,2
То же + известь	14,8	56,1	155	48,7	6,1	4,40	3,3	5,0	7,2
Почва из-под бывших огородов + известь . . .	25,5	100	308	100	6,5	4,90	2,31	4,7	28,8

Озимая пшеница, посеянная на слабокультуренной кислой неизвесткованной почве, при перезимовке полностью погибла, и колхоз получил страховку. На участке с такой же слабокультуренной почвой, на который в пару была внесена известь, пшеница в значительной степени сохранилась и дала урожай 14,8 ц с 1 га.

Еще лучше сохранилась пшеница на участке, бывшем 15 лет назад под огородами и получившем известь. Здесь к уборке урожая на 1 кв. м насчитывалось 308 колосовых стеблей, а урожай зерна составил 25,5 ц с 1 га.

Из приведенных цифр ясно, что перезимовка озимой пшеницы и ее урожай на различных частях одного и того же поля были резко различными, хотя посев производился одновременно, одними семенами и с одинаковой нормой высева.

Агрохимические исследования показали, что стойкость озимой пшеницы в сильной степени зависит от свойств почв. Растения погибли там, где почва обладала сильной кислотностью, большим количеством подвижных алюминия и марганца и крайне ограниченным запасом усвояемого фосфора. Участок, на котором пшеница хорошо перенесла условия перезимовки, отличался почти нейтральной реакцией среды, в нем было очень мало алюминия и марганца в подвижной форме и много доступного для растений фосфора.

Зимостойкость озимых в зависимости от свойств почвы мы изучали в производственных условиях несколько лет. Результаты трех опытов показаны в таблице 37.

Учет урожая, густоты стояния и анализ агрохимических свойств почвы проводили на полях размером в несколько десятков гектаров. Семена, сроки и способы посева, а также агротехника в год опыта на всем массиве были одинаковыми. Разница в урожае определялась лишь свойствами почвы, которые зависели от удобрения в предшествующие годы. Например, в колхозе «Путь к коммунизму» половину поля в прошлом занимали овощные культуры, под которые систематически применяли органические удобрения, что понизило кислотность почвы, резко уменьшило количество алюминия и марганца в подвижной форме, увеличило содержание гумуса, усвояемого фосфора и других питательных веществ.

Таким образом, результаты опытов в колхозах «Путь к коммунизму» и «Заря коммунизма» показали, что зимостойкость озимых культур находится в очень тесной зависимости от свойств почвы: повышенная актуальная и гидролитическая кислотность, избыток алюминия и марганца, недостаток усвояемого фосфора и других питательных веществ резко снижают зимостойкость озимых культур.

Чтобы выяснить, как влияют навоз, известь и свойства почвы на перезимовку и урожайность озимой ржи, мы провели также серию полевых исследований на Агробиологической станции МГУ. Один из опытов поставлен в

Таблица 37

Влияние свойств почвы на зимостойкость и урожай озимой пшеницы (производственные опыты зимой 1953/54 г. в колхозах «Путь к коммунизму» и «Заря коммунизма» Солнечногорского района Московской области)

Место проведения опыта	Состояние пшеницы	Число растений на 1 кв. м ко времени уборки	Коэффициент кущения	Урожай (в ц с 1 га)	РН (соловая вытяжки)	Алюминий	Марганец	Фосфор (в уксуснокислой вытяжке)	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Степень насыщенности почвы основаниями	Гумус					
													в мг на 100 г почвы		в м.-экв. на 100 г почвы		в %
Колхоз «Путь к коммунизму»	{ Очень хорошее Плохое	224	3,4	30,4	6,8	0,13	0,0	12,4	0,98	20,05	95	3,82					
		158	1,5	5,3	4,9	8,06	1,33	5,95	4,73	4,45	48	2,38					
Колхоз «Заря коммунизма», поле у д. Матушкино	{ Хорошее Плохое	150	2,6	23,3	6,6	0,51	0,87	3,84	3,14	4,16	57	2,46					
		114	1,0	3,1	4,8	12,87	1,86	2,09	5,14	1,03	16,7	2,15					
Колхоз «Заря коммунизма», поле у д. Дурькино	{ Хорошее Плохое	150	1,76	19,9	5,4	1,86	1,27	2,68	5,27	2,56	32	2,04					
		101	1,2	3,4	4,6	12,90	1,68	—	4,71	1,92	28	1,85					

производственных условиях на участке площадью 10 га со сравнительно ровным, пониженным рельефом и с небольшой частью, расположенной на возвышении. Четвертая повторность заложена недалеко от основного массива ржи на участке в 2 га, где в 1952 г. выкорчевали кустарник. Высевали сорт Вятка; норма высева — 2 ц на 1 га (табл. 38).

Таблица 38

Влияние свойств почвы, извести и навоза на зимостойкость и урожай озимой ржи

Вариант опыта	Урожай зерна		Ко времени уборки сохранилось на 1 кв. м		рН (солевой вытяжки)	Гидролитическая кислотность (в м.-экв. на 100 г почвы)	Алюминий	Марганец	Фосфор (по Труогу)
	в ц с 1 га	в %	растений	колосовых стеблей					
								в мг на 100 г почвы	
Слабокультурная дерново-подзолистая почва пониженного элемента рельефа	10,4	37,0	125	169	5,9	4,57	5,91	5,04	12,0
То же + известь и навоз	28,1	100,0	203	363	6,7	2,93	0,59	2,16	26,4
Слабокультурная дерново-подзолистая почва повышенного элемента рельефа	14,2	50,5	207	260	6,3	3,62	2,42	3,27	9,6
Неокультуренная почва из-под раскорчевки кустарника . . .	4,6	16,4	50	71	4,9	6,47	9,40	7,51	2,4

Урожай озимой ржи в зависимости от свойств почв и удобрений колебался от 4,6 до 28,1 ц с 1 га. Очень большая разница наблюдалась и в перезимовке растений. На почве, получившей известь и навоз, ко времени уборки урожая сохранилось 208 растений на 1 кв. м, несущих 363 колоса, в то время как на рядом расположенной почве с таким же рельефом осталось всего 125 растений

на 1 кв. м с 169 колосьями. Особенно большая изреженность была на участке, где корчевали кустарник: здесь сохранилось всего 50 растений на 1 кв. м.

Рельеф местности также повлиял на перезимовку. На повышенном элементе рельефа со слабокультуренной почвой к моменту уборки на 1 кв. м произрастало 207 растений, в то время как на почве такой же степени окультуренности, но расположенной в понижении, сохранилось 125 растений на 1 кв. м, или на 40% меньше. Вполне понятно, что снеговой покров на пониженном элементе рельефа был больше, чем на повышенном. Вследствие этого и условий для вымерзания в понижении было меньше. Еще более обильный снег был на участке, вышедшем из-под раскорчевки, так как вокруг него расположен лес, который способствовал снегозадержанию. Однако здесь осталось только 50 растений на 1 кв. м.

Анализ почвы показал, что чем кислее почва и чем больше в ней подвижных алюминия и марганца, тем больше погибает растений при перезимовке.

Очень интересен опыт, проведенный на Агробиологической станции МГУ с озимой пшеницей (Пшенично-пырейный гибрид 599). Опыт был заложен на сильноокислой дерново-подзолистой почве с ясно выраженными признаками оглеения и поверхностного заболачивания. Рельеф поля под опытным участком имел форму блюдцеобразного понижения, в котором весной застаивалась вода. На участках подобного рода озимые культуры обычно вымокают. Такой участок выбрали преднамеренно, чтобы на этом провокационном фоне изучить влияние извести, навоза и минеральных удобрений на перезимовку озимой пшеницы. Площадь делянок равнялась 100 кв. м, повторность трехкратная. Для удобрения использовали аммиачную селитру, хлористый калий и суперфосфат из расчета 60 кг действующего вещества на 1 га, навоз 30 т на 1 га и углекислую известь в дозе по полной гидролитической кислотности. Результаты учета урожая и агрохимическая характеристика почвы приведены в таблице 39, а состояние растений перед уборкой показано на рисунках 2 и 3.

Наблюдение за ростом и развитием озимой пшеницы показало, что на делянках без удобрений, как и следовало ожидать, много растений погибло, а оставшиеся были



Рис. 2. Озимая пшеница на кислой слабокультуренной почве без удобрений.



Рис. 3. Озимая пшеница на почве с навозом и известью.

Влияние свойств почвы и удобрений на зимостойкость и урожай озимой пшеницы (зима 1952/53 г.)

Вариант опыта	Урожай зерна		Число колосоносных стеблей на 1 кв. м		Засоренность посева (в %)	рН (солевой вытяжки)	Гидролитическая кислотность (в м.-экв. на 100 г почвы)	Алюминий	Марганец
	в ц с 1 га	в %	в шт.	в % от контроля				в мг на 100 г почвы	
Сильнокислая почва	3,5	100	84	35	49	4,4	5,95	15,1	3,67
То же + N	1,1	31,4	37	15	92	4,4	6,12	22,1	4,15
» » + K	4,0	114,2	66	28	39	4,4	6,64	21,8	3,50
» » + NK	1,6	45,7	44	18	43	4,4	6,12	17,2	3,61
» » + NPK	7,6	217,1	101	42	44	4,4	6,04	16,9	3,65
» » + NPK + + CaCO ₃	14,9	425	131	55	18	5,0	4,40	3,5	1,95
То же + CaCO ₃ + + навоз	35,2	1005,7	240	100	5	5,8	3,88	1,07	1,70

низкорослые и развивались с опозданием. На рисунке 2 видны сильно изреженные посевы, высота растений не превышает 40—50 см; буйно растут сорняки. В результате урожай озимой пшеницы с делянок без удобрений составил всего 3,5 ц с 1 га.

Калийные удобрения существенного влияния на перезимовку озимой пшеницы не оказали, а азотные увеличили количество погибших растений. На делянках с азотными и азотно-калийными удобрениями наблюдалась максимальная изреженность озимых посевов пшеницы и урожай колебался от 1,1 до 1,6 ц с 1 га.

При внесении суперфосфата на фоне азотных и калийных удобрений число сохранившихся при перезимовке растений увеличилось в 2 с лишним раза (с 44 до 101 на 1 кв. м), а урожай поднялся с 1,6 до 7,6 ц с 1 га.

Таким образом, фосфорное удобрение увеличило зимостойкость озимой пшеницы, но урожай все-таки был невысоким.

Применение извести на фоне полного минерального удобрения еще больше повысило зимостойкость озимой пшеницы и удвоило ее урожай — 14,9 ц с 1 га. Но самые лучшие результаты получены от удобрения известью и

навозом. На этих делянках погибло меньше всего растений, а урожай составил 35,2 ц с 1 га, то есть в 10 раз больше, чем на делянках без удобрений. Наглядное представление о состоянии озимой пшеницы перед уборкой на делянках с известью и навозом дает рисунок 3.

Условия для вымерзания и выпревания растений были одинаковыми для всех вариантов: рельеф местности пониженный, разницы в снеговом покрове также не было, в одинаковой мере на делянках застаивалась вода. Но результаты перезимовки были резко различными. На делянках, где внесена известь и навоз, несмотря на весенний застой воды, озимая пшеница перезимовала вполне удовлетворительно и дала хороший урожай.

Результаты опыта с озимой пшеницей наглядно показали, что на перезимовку озимых культур решающее влияние оказывают свойства почвы и удобрения. Данные агрохимического анализа почвы подтвердили, что наибольшая гибель озимой пшеницы наблюдалась на участках с повышенной кислотностью и избытком подвижных алюминия и марганца. При внесении извести и навоза кислотность почвы и содержание в ней алюминия и марганца резко уменьшились, а количество доступных для растений питательных веществ увеличилось. В результате этого зимостойкость озимой пшеницы значительно возросла.

В 1953 г. на Агробиологической станции МГУ заложен опыт по разработке способов ускоренного окультуривания кислых дерново-подзолистых почв. Для окультуривания почвы использованы известкование, удобрение торфо-жижевым компостом, навозом, люпином, фосфоритной мукой, посев многолетних трав и др. На фоне различных вариантов посеяна озимая пшеница. Условия проведения опыта были строго одинаковыми для всех вариантов. Разница заключалась лишь в том, что на отдельных делянках под влиянием приемов окультуривания почвы существенно изменились ее свойства. Результаты опыта изложены в таблице 40.

Данные этого опыта, так же как и предыдущих, показывают, что зимостойкость озимой пшеницы находится в тесной зависимости от свойств почвы. Наибольшая гибель пшеницы зимой наблюдалась на кислой неудобренной почве. При внесении 40 т навоза на 1 га и полной дозы извести гибель озимой пшеницы за зимний

Влияние свойств почвы и удобрений на зимостойкость озимой пшеницы (опыт 1953 г.)

Вариант опыта	Поглоб- ный за зиму (в %)	Урожай (в ц с 1 га)	рН (солевой вы- тяжки)	Гидролитическая кислотность (в м.-экв. на 100 г почвы)	в мг на 100 г почвы		
					Алю- миний	Мар- ганец	Фосфор (в уксус- нокислой вытяжке по Чири- кову)
Кислая почва	12,40	5,25	4,6	6,28	9,30	3,11	8,1
То же + люпин + фосфо- ритная мука (5 ц на 1 га) + CaCO_3 (1 т на 1 га)	4,31	12,86	5,1	4,47	4,67	1,58	10,0
То же + торфо-жижевой компост (40 т на 1 га) + + CaCO_3 (по полной гидролитической кис- лотности)	2,71	17,09	5,8	2,77	0,33	0,96	11,3
То же + навоз (40 т на 1 га) + CaCO_3 (по пол- ной гидролитической кислотности)	1,61	19,90	5,6	3,17	0,86	0,90	13,7

период составила всего 1,61%. В этом случае в почве содержалось незначительное количество подвижных алюминия и марганца и много доступного растениям фосфора.

Большой интерес представляет опыт с озимой рожью, проведенный Ф. А. Колесниковой под нашим руководством на Агробиологической станции МГУ, в котором изучалось влияние кислотности суперфосфата на урожай озимой ржи при внесении его совместно с семенами в рядки.

Опыт заложен на слабокультуренной дерново-подзолистой почве. На одну часть опытного участка внесли известь по полной гидролитической кислотности, а на другую известь не вносили. Перед закладкой опыта рН (солевой вытяжки) почвы равнялся 4,6; гидролитическая кислотность 4,8 м.-экв. на 100 г. После известкования рН увеличился до 6,2. Площадь делянок 100 кв. м; повторность четырехкратная. Растения подсчитывали 10 октября и 10 мая (табл. 41).

Таблица 41

Влияние извести и суперфосфата, внесенного в рядки, на перезимовку озимой ржи

Вариант опыта	Число растений на 1 кв. м известкованного участка		Число растений 1 кв. м неизвесткованного участка		Погибло растений (в %)		Количество растений на неизвесткованной почве в % от количества растений на известкованной почве	
	10 октября	10 мая	10 октября	10 мая	на известкованном участке	на участке без извести	10 октября	10 мая
Без минеральных удобрений	206	168	210	106	18,4	50,5	101,9	63,1
Суперфосфат, имеющий 3% свободной кислоты (в рядки)	268	222	220	176	17,1	20,0	82	79,2
Суперфосфат, имеющий 1% свободной кислоты (в рядки)	296	287	261	205	3,0	21,0	88,2	71,4
Нейтрализованный суперфосфат (в рядки)	251	232	242	160	7,5	33,8	92,4	68,7

В процессе перезимовки на известкованной почве без удобрений погибло 18,4% растений, на неизвесткованной — 50,5%; при внесении суперфосфата в рядки гибель озимой ржи на известкованной почве колебалась от 3 до 17,1%, а в тех же условиях на неизвесткованной — от 20 до 33,8%. На почве без извести осенью (10 октября) растений было несколько меньше, чем на почве с известью; разница составляла до 18%. После перезимовки она резко возросла и колебалась в пределах от 21 до 37%. Следовательно, известкование частично увеличивает стойкость озимой ржи и до ухода под зиму, но особенно сильно в зимний период.

Применение суперфосфата в рядки понизило гибель озимой ржи на известкованном фоне с 18,4 до 3%, а на неизвесткованном — с 50,5 до 20%.

В результате повышения зимостойкости при удобрении суперфосфатом увеличился и урожай озимой ржи — по извести на 5, 57 ц с 1 га и без извести на 5,6 ц.

Таким образом, наши исследования еще раз доказали, что внесение извести и суперфосфата в рядки

является мощным средством, нейтрализующим вредные свойства кислых дерново-подзолистых почв, что предохраняет озимые культуры от гибели зимой.

Для наиболее глубокого изучения свойств почв и зимостойкости озимых культур мы в течение нескольких лет проводили вегетационные опыты и лабораторные исследования. Для вегетационных опытов были использованы две различные почвы: окультуренная с припарникового участка и дерново-подзолистая с полевого участка, отличающаяся слабой окультуренностью, оглеением и высокой кислотностью (табл. 42).

Таблица 42

Агрохимическая характеристика почв (вегетационный опыт)

Почвы	рН (солевой вытяжки)	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Степень насыщенности почвы основаниями (в %)	Алюминий	Марганец	Фосфор
		в м. экв. на 100 г почвы			в мг на 100 г почвы		
Окультуренная . . .	6,0	1,58	26,20	94,3	0	0	40
Кислая . . .	4,6	5,45	4,84	47,0	4,9	1,3	5

Из удобрений применяли сульфат аммония, хлористый калий и суперфосфат. Известь вносили по полной гидролитической кислотности. Соли алюминия и марганца ($AlCl_3$ и $MnCl_2$) вносили из расчета 16 мг на 100 г почвы (в опытах 1951/52, 1952/53 гг.) и 8 мг на 100 г почвы (в опытах 1953/54 и 1954/55 гг.). Изучали зимостойкость озимой ржи Вятка и озимой пшеницы Пшенично-пырейный гибрид 599. Повторность опыта шестикратная.

Для того чтобы полнее выяснить влияние почвенных условий и удобрений на перезимовку озимых, растения оставляли зимовать под неодинаковым покровом снега. Половина сосудов на зиму была зарыта в почву внутри сетки вегетационного домика, где хорошо задерживался снег и снеговой покров в течение всей зимы был высоким (до 1,2 м), а вторая половина сосудов —

на открытом участке, на котором в течение всей зимы снеговой покров поддерживали на уровне 10 см. Благодаря разной высоте снега удалось достичь существенного различия температуры в зоне узла кущения. Наблюдения за температурой проводили 4 раза в сутки. Результаты измерения температуры зимой 1952/53 г. приведены в таблице 43.

Таблица 43

Температура в зоне узла кущения озимых и высота снегового покрова (данные наблюдений в зиму 1952/53 г.)

Срок наблюдения		Средняя температура за декаду (в °)		Минимальная температура за декаду (в °)		Высота снегового покрова (в см)
месяц	декада	снег не удален	снег удален	снег не удален	снег удален	
Декабрь	I	-1,8	-10,3	-2,7	-14,1	50
	II	-0,4	-1,9	-1,1	-4,8	65
	III	-0,4	-6,6	-0,7	-10,1	49
Январь	I	-1,6	-4,3	-2,9	-8,0	54
	II	-1,7	-3,1	-2,4	-5,0	65
	III	-2,1	-3,7	-3,9	-5,3	68
Февраль	I	-4,6	-9,3	-7,6	-14,8	75
	II	-3,2	-9,3	-4,2	-11,4	85
	III	-2,7	-7,6	-3,6	-9,1	93
Март	I	-1,8	-4,9	-2,9	-6,6	95
	II	-1,1	-2,8	-1,7	-4,1	105
	III	-0,8	-0,9	-1,2	-1,8	90

Снеговой покров над растениями в сетке вегетационного домика зимой был высоким — от 50 до 105 см. Приблизительно таким же был снеговой покров в сетке и в другие годы. Температура в зоне узла кущения озимых, находившихся под большим слоем снега, колебалась от $-0,4$ до $-4,9^{\circ}$. Минимальная среднесуточная температура только в течение одних суток опускалась до $-7,6^{\circ}$. Абсолютный минимум был равен $-18,7^{\circ}$ (5 февраля 1953 г.). При удалении снегового покрова сверх 10 см температура в зоне узла кущения была от $-1,9$ до $-10,3^{\circ}$, а среднесуточная минимальная температура опускалась до $-14,8^{\circ}$.

Таким образом, температурные условия для растений, зимовавших под большим снеговым покровом, были вполне благоприятными, так как $-4,9^{\circ}$ легко переносит не только озимая рожь, но и озимая пшеница. Однако эти культуры выпадали. Результаты опыта с озимой рожью изложены в таблице 44.

Таблица 44

Влияние свойств почвы и удобрений на зимостойкость и урожай озимой ржи, находившейся под большим покровом снега (зима 1951/52 г.)

Вариант опыта	Окультуренная почва			Слабоокulturенная кислая почва		
	сохранилось растений после перезимовки (в %)	урожай зерна с 1 сосуда		сохранилось растений после перезимовки (в %)	урожай зерна с 1 сосуда	
		в г	в %		в г	в %
Без удобрения . .	95	16,6	100	90	4,2	100
N	59	21,0	126	17	0,57	13,5
K	86	13,4	80	69	—	—
NK	78	27,4	165	30	—	—
NPk	69	23,2	140	22	0,15	3,6

На кислой слабоокulturенной почве значительная часть растений погибла. Так, при внесении минеральных удобрений гибель озимой ржи при перезимовке колебалась от 31 до 83%, несмотря на то, что температура в зоне узла кущения не опускалась ниже $-4,6^{\circ}$. Совершенно очевидно, что выпадение растений в этом случае произошло не от прямого действия низкой температуры, а от других условий.

Сопоставление результатов нескольких опытов на разных почвах показывает, что гибель озимой ржи на кислой слабоокulturенной почве была значительно больше, чем на почве окультуренной. Минеральные удобрения, особенно азотные, понизили зимостойкость растений. Результаты последующих опытов с озимой рожью на почвах разной окультуренности приведены в таблицах 45, 46 и 47.

Температура в зоне узла кущения на кислой и окультуренной почве была одинакова, но перезимовали растения весьма различно. Во всех случаях на кислой мало-

Таблица 45

Влияние свойств почвы и удобрений на зимостойкость и урожай озимой ржи, находившейся под большим покровом снега (второй опыт, зима 1952/53 г.)

Вариант опыта	Окультуренная почва			Слабоокulturенная кислая почва		
	сохрани- лось расте- ний при перезимов- ке (в %)	урожай зерна с 1 сосуда		сохрани- лось расте- ний при перезимов- ке (в %)	урожай зерна с 1 сосуда	
		в г	в %		в г	в %
Без удобрения	80	12,0	100	40	1,4	100
N	60	11,0	92	30	2,04	145
NK	87	14,0	116	47	0,6	43
NK (три дозы)	73	24,0	200	0	0	0
NPK	83	16,0	133	30	0,1	7
NK + Al	90	15,0	125	0	0	0
NK + Mn	87	14,0	117	0	0	0

Таблица 46

Влияние свойств почвы и удобрений на перезимовку озимой ржи, находившейся под малым снеговым покровом (зима 1952/53 г.)

Вариант опыта	Окультуренная почва			Слабоокulturенная, кислая почва		
	сохрани- лось расте- ний после перезимов- ки (в %)	урожай зерна с 1 сосуда		сохрани- лось расте- ний после перезимов- ки (в %)	урожай зерна с 1 сосуда	
		в г	в %		в г	в %
Без удобрения	87	9,0	100	27	0,9	100
N	83	14,0	155	23	0,2	22
NK	90	13,0	144	7	0,2	22
NK (три дозы)	77	28,0	311	0	0	0
NPK	93	14,0	155	23	0,4	44
NK + Al	53	6,0	67	0	0	0
NK + Mn	60	8,0	89	0	0	0
NK + CaCO ₃	—	—	—	53	5,6	622

окультуренной почве при перезимовке погибло озимых значительно больше, чем на почве окультуренной. Даже при достаточном снеговом покрове, под которым температурные условия были благоприятны, гибель озимой

Таблица 47

Влияние свойств почвы и удобрений на перезимовку и урожай озимой ржи, находившейся под малым снеговым покровом (зима 1952/53 г.)

Вариант опыта	Окультуренная почва			Слабоокulturенная почва		
	сохранилось растений после перезимовки (в %)	урожай зерна с 1 сосуда		сохранилось растений после перезимовки (в %)	урожай зерна с 1 сосуда	
		в г	в %		в г	в %
Без удобрений	77	16,7	100	33	8,0	100
NK	37	16,3	98	20	11,4	142
NK (три дозы)	40	26,9	161	0	0	0
NK + Al	53	16,1	96,4	0	0	0
NK + Mn	40	8,8	58	0	0	0

ржи колебалась в пределах 50—100%, между тем как на окультуренной почве за зиму погибло только 5—10% растений. Из этого ясно, что главной причиной гибели озимых являлись неблагоприятные почвенные условия. Разница в температуре оказала некоторое влияние на гибель озимой ржи, главным образом на кислой почве: в контрольном варианте под большим снеговым покровом за зиму погибло 60% растений, а под малым слоем снега — 80%.

На окультуренной почве количество перезимовавших растений было в основном одинаковым под малым и под большим снеговым покровом. Исключение составляют лишь варианты с алюминисом и марганцем. Это показывает, что разная температура, под большим и малым снеговым покровом, на перезимовку растений действовала значительно меньше, чем свойства почвы.

Для того чтобы полнее изучить влияние свойств почвы на перезимовку озимых культур, мы в вегетационных опытах вносили в почву соли алюминия и марганца (рис. 4, 5, 6).

Осенью озимая рожь и озимая пшеница в вариантах с алюминием и марганцем имели нормальный вид и почти не отличались от контроля. Однако на кислой почве в процессе перезимовки растения, получившие

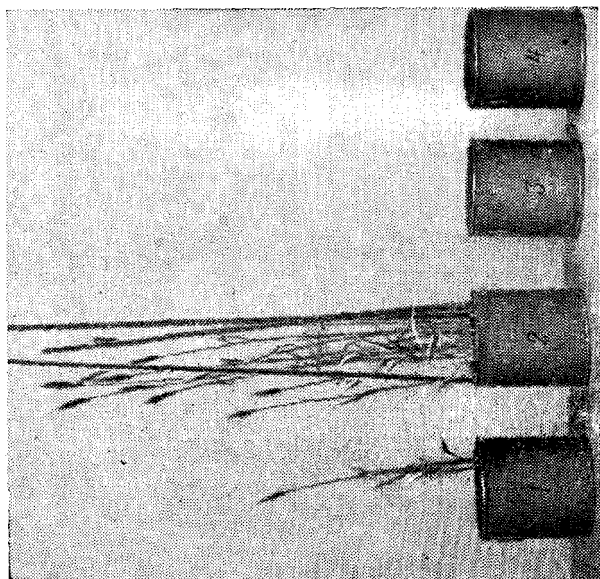


Рис. 4. Влияния алюминия и марганца на зимостойкость озимой ржи на кислой почве:
1 — NK; 2 — NPK; 3 — NK + Al; 4 — NK + Mn.

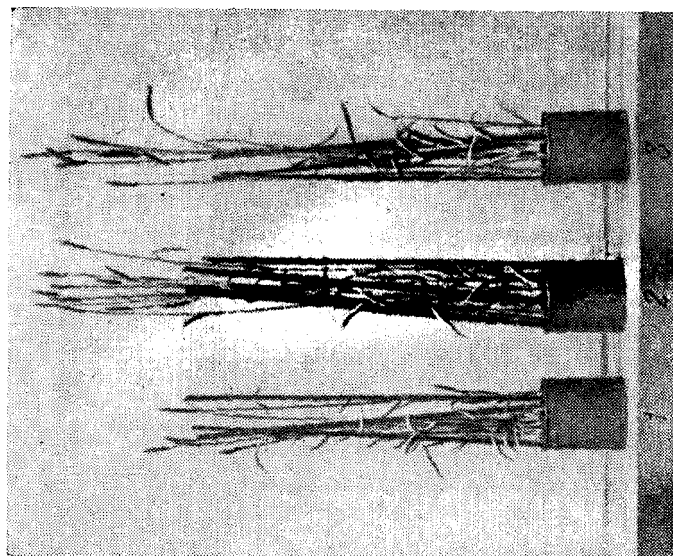


Рис. 5. Влияние алюминия на зимостойкость озимой ржи на окультуренной почве:
1 — без удобрения; 2 — NK; 3 — NK + Al.

алюминий и марганец, полностью погибли. Известкование уменьшило содержание алюминия в почве и увеличило зимостойкость озимой ржи в 2,5 раза (рис. 7).

Аналогичные результаты были получены и в опытах с озимой пшеницей (рис. 8, 9).

Вегетационные опыты, поставленные в зиму 1953/54 г. и 1954/55 г., полностью подтвердили данные предыдущих лет. Результаты опытов с озимой рожью зимой 1953/54 г. приведены в таблице 48.

Таблица 48

Влияние свойств почвы, удобрений и глубины снегового покрова на зимостойкость озимой ржи (данные за 1954/55 г.)

Вариант опыта	Сохранилось растений после перезимовки (в %)			
	на окультуренной почве		на слабоокультуренной кислой почве	
	под большим снеговым покровом	под малым снеговым покровом	под большим снеговым покровом	под малым снеговым покровом
Без удобрения	80	77	30	27
N	90	77	—	36
K	75	65	37	37
NK	95	83	72	60
НРК (фосфор местно, под семенами)	97	75	90	55
NK + Al	63	50	0	0
NK + Mn	87	50	0	0
NK + CaCO ₃	—	—	63	33
НРК + Al	—	—	20	0
НРК + Mn	—	—	43	23

При перезимовке под малым снеговым покровом сохранилось растений несколько меньше, чем под большим слоем снега, но эта разница невелика. Значительно большая разница наблюдалась между вариантами на различной почве и с различными удобрениями. Алюминий и марганец, внесенные в кислую почву, привели к полной гибели растений как под малым, так и под большим снеговым покровом.

Большое влияние на зимостойкость растений оказывают минеральные удобрения. Азотные удобрения на кислых почвах понижали зимостойкость озимых довольно

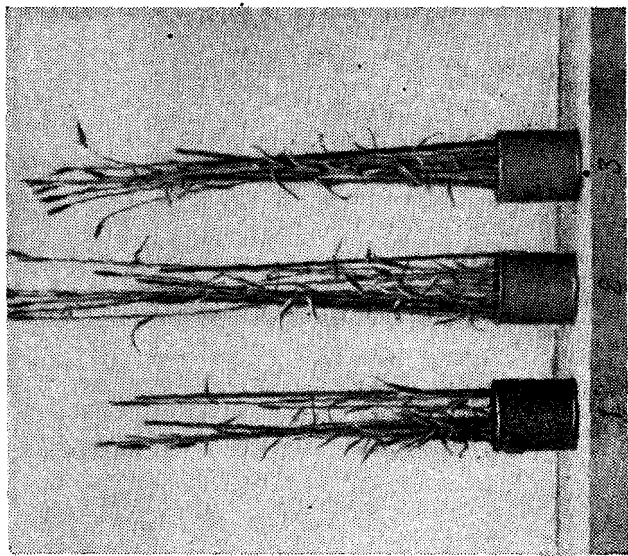


Рис. 6. Влияние марганца на зимостойкость озимой ржи на окультуренной почве:
1 — без удобрения; 2 — NK; 3 — NK + Mn.

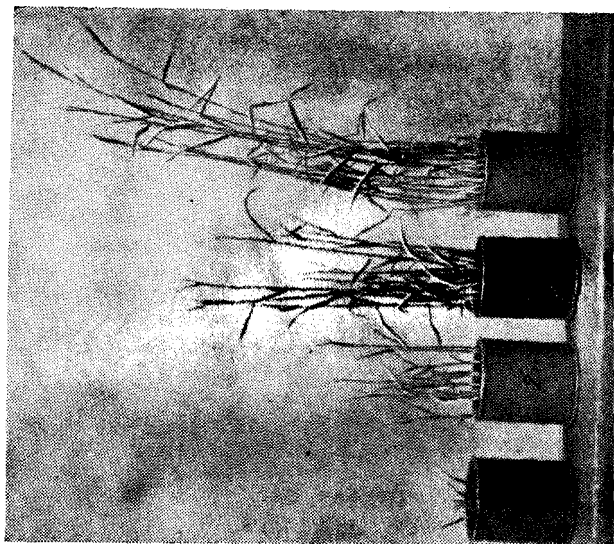


Рис. 7. Влияние извести на зимостойкость озимой ржи:
1 — кислая почва без удобрений; 2 — известь; 3 — NKP; 4 — NPK + известь.

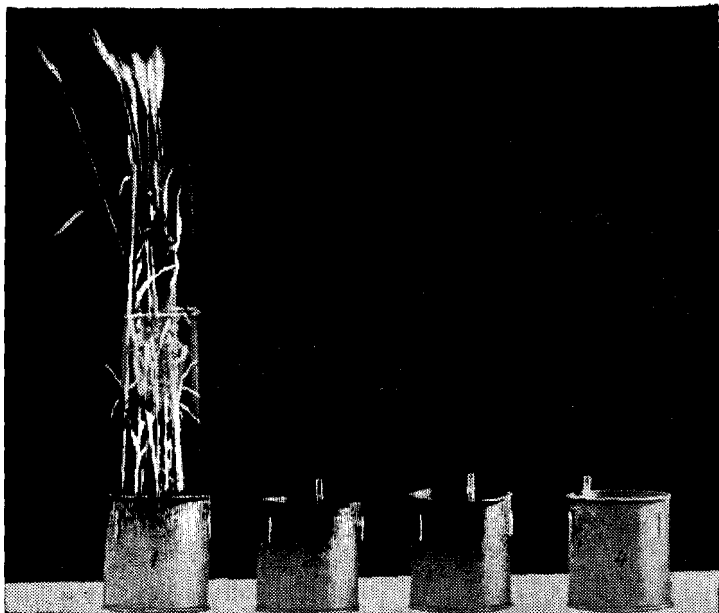


Рис. 8. Влияние алюминия и марганца на зимостойкость озимой пшеницы:

1 — без удобрения; 2 — NK; 3 — NK + Al; 4 — NK + Mn.



Рис. 9. Влияние алюминия и марганца на зимостойкость озимой пшеницы на окультуренной почве:

1 — NK; 2 — NK + Al; 3 — NK + Mn; 4 — NPK; 5 — NPK + Al; 6 — NPK + Mn.

резко, а на почвах окультуренных их отрицательное действие незначительно или оно не проявляется совсем. Гибель озимых от избытка азота обычно объясняют тем, что в этом случае развиваются нежные и водянистые растения, в которых при замерзании образуется больше льда, а при оттаивании они поражаются болезнями.

Во всех известных нам исследованиях обращалось внимание на прямое действие азотных удобрений на растения, а взаимодействие удобрений с почвой не учитывалось. Между тем в наших многочисленных опытах показано, что если вносить на кислые почвы аммиачный азот, то кислотность и содержание алюминия и марганца в них увеличиваются. В наших опытах при внесении сернокислого аммония реакция среды изменилась с pH 4,6 до pH 4,5, гидролитическая кислотность увеличилась с 4,9 до 6,8 м.-экв. на 100 г почвы, количество подвижного алюминия (на 100 г почвы) повысилось с 2,5 до 7,2, а марганца — с 3,1 до 10,1 мг. Применение азотных удобрений в таком же количестве на окультуренной почве существенных изменений ее свойств не вызывало.

Фосфорные удобрения, как правило, повышают зимостойкость озимых, что подтверждается результатами наших полевых и вегетационных опытов и согласуется с данными других исследователей. Новый и весьма интересный материал мы получили, изучая влияние фосфора на фоне алюминия и марганца на зимостойкость озимых (рис. 10). При внесении алюминия и марганца озимая рожь при перезимовке полностью погибла. Фосфор повысил ее зимостойкость. Аналогичные данные получены и в опытах зимой 1954/55 г. с озимой пшеницей.

Фосфорные удобрения улучшают зимостойкость растений в том же направлении, что и известь, но природа их действия различна. Суперфосфат не устраняет почвенной кислотности. Он лишь в слабой степени уменьшает количество подвижного алюминия. Положительная роль фосфорных удобрений заключается в их физиологическом действии: фосфор улучшает углеводный и белковый обмен веществ в растениях, нарушенный излишней кислотностью и содержанием алюминия и марганца в почве.

Изложенный экспериментальный материал показывает, что в условиях нечерноземной зоны СССР пере-
-

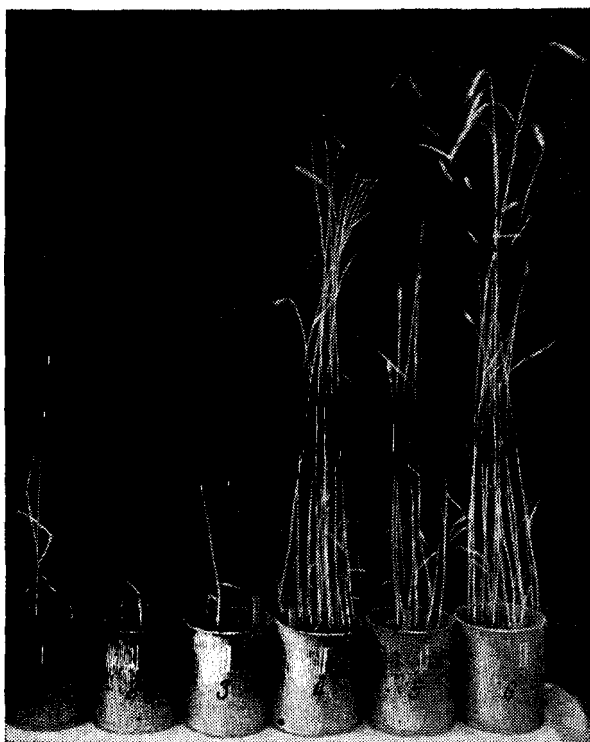


Рис. 10. Влияние алюминия, марганца и фосфорных удобрений на зимостойкость озимой ржи на кислой почве:

1 — NK; 2 — NK + Al; 3 — NK + Mn; 4 — NPK; 5 — NPK + Al; 6 — NPK + Mn.

мовка озимых культур в значительной степени зависит от свойств почв. Кислотность почв, подвижные алюминий и марганец и т. д. оказывают большое влияние на зимостойкость озимых. При рассмотрении этого вопроса весьма важно выяснить роль отдельных факторов. Дело в том, что наряду с подкислением почв в них увеличивается содержание подвижных алюминия, марганца и других элементов. В этом случае трудно сказать, что оказывает отрицательное действие — повышение кислотности или увеличение количества подвижных форм алюминия или марганца, которые сопутствуют кислой реак-

ции. Чтобы выяснить это, мы проводили опыты с песчаными культурами на нашей питательной смеси, в которой алюминия нет, а количество марганца невелико, и оно оставалось постоянным во всех вариантах опыта. В качестве подопытного растения использована рожь Вятка и озимая пшеница Пшенично-пырейный гибрид 599.

В первом опыте с рожью, поставленном по схеме рН 6,5, 5,5 и 4,5, мы изучали влияние водородных ионов на зимостойкость. Осенью растения в вариантах с рН 6,5 и 5,5 почти не отличались между собой. Лишь

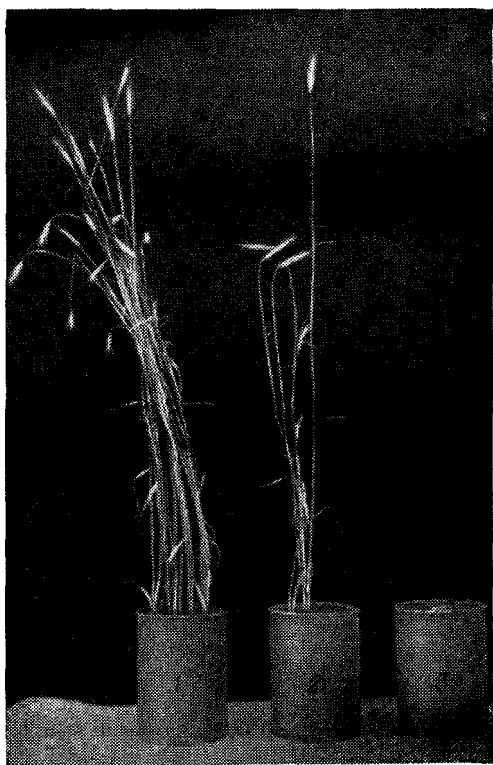


Рис. 11. Влияние реакции среды на зимостойкость озимой ржи (песчаные культуры):
1 — рН 6,5; 2 — рН 5,5; 3 — рН 4,5.



при рН 4,5 растения были немного слабее. Однако гибели ржи осенью не наблюдалось. После перезимовки картина резко изменилась. Полностью сохранились только те растения, которые осенью выращивали при рН 6,5; растения, выращенные при рН 5,5, погибли наполовину, а при рН 4,5 — полностью (рис. 11). Следовательно, зимостойкость озимых культур резко падает под влиянием повышенной концентрации водородных ионов.

Опыты с озимой пшеницей в песчаных культурах (зима 1954/55 г.) проведены по схеме: 1) рН 6,5; 2) рН 5,5; 3) рН 4,5; 4) рН 6,5 + Al; 5) рН 5,5 + Al; 6) рН 6,5 + Mn; 7) рН 5,5 + Mn и 8) рН 5,5 + Fe. Реакцию среды до ухода растений в зиму поддерживали путем прибавления серной кислоты и едкого натрия. Алюминий, марганец и железо вносили в форме хлоридов из расчета 8 мг на 100 г песка.

Внешний вид растений перед уходом в зиму изображен на рисунке 12. Кислая реакция среды, а также алюминий, марганец и железо почти не изменили пшеницу осенью. Из этого следует, что взятые нами дозы алюминия и марганца, а также кислая реакция среды, вплоть до рН 4,5, не только не вызывали гибели растений в осенний период, но и очень слабо влияли на их рост и внешний вид. Однако после перезимовки под слоем снега в 10 см сохранились только те растения, которые были выращены при рН 6,5. В варианте с рН 5,5 пшеница погибла частично, а во всех других вариантах — полностью (рис. 13).

Растения второго опыта находились под большим снежным покровом, где температура не опускалась ниже — 4,9°. Следовательно, вымерзнуть они не могли. Результаты опыта изложены в таблице 49.

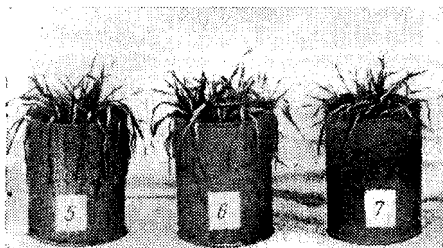


Рис. 12. Влияние реакции среды, алюминия и марганца на состояние растений озимой пшеницы перед уходом в зиму

Слева направо: 1 — рН 6,5; 2 — рН 5,5; 3 — рН 4,5; 4 — рН 6,5 + Al; 5 — рН 5,5 + Al; 6 — рН 6,5 + Mn и 7 — рН 5,5 + Mn.

Таблица 49

Влияние рН среды, алюминия и марганца на выпадение озимой пшеницы зимой и в весенне-летний период (вегетационные опыты в песчаных культурах)

Вариант опыта	Погибло растений (в %)		
	зимой	весной и летом	всего
рН 6,5	23,0	13,0	36,0
рН 5,5	43,0	10,0	53,0
рН 4,5	53,0	14,0	67,0
рН 5,5 + Al	70,0	10,0	80,0
рН 5,5 + Mn	33,0	4,0	37,0

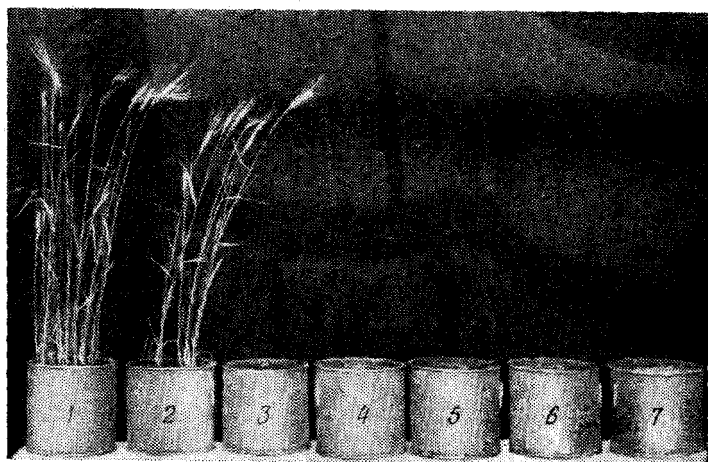


Рис. 13. Влияние реакции среды, алюминия и марганца на зимостойкость озимой пшеницы (песчаные культуры):

1 — рН 6,5; 2 — рН 5,5; 3 — рН 4,5; 4 — рН 6,5 + Al; 5 — рН 5,5 + Al; 6 — рН 6,5 + Mn; 7 — рН 5,5 + Mn.

Данные таблицы 49 показывают, что гибель озимой пшеницы в процессе перезимовки была более высокой на кислой среде. Она резко увеличилась от внесения алюминия. Марганец при рН 5,5 отрицательного влияния на перезимовку озимой пшеницы, находившейся под большим снеговым покровом, не оказал.

Таким образом, двухлетние опыты с песчаными культурами показали, что зимостойкость озимых растений резко падает как под влиянием кислотности (водородных ионов), так и от избытка подвижных алюминия и марганца.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЗИМОВКИ НА СТОЙКОСТЬ И УРОЖАЙ ОЗИМОЙ РЖИ И ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Нашими многочисленными опытами доказано, что свойства почвы значительно влияют на стойкость сельскохозяйственных культур. Подчеркивая эту мысль, мы не можем отрицать значения в жизни растений низких температур, вымокания, выпревания, ледяной корки и других неблагоприятных факторов.

В наших опытах были случаи, когда при очень низких температурах и образовании ледяной корки озимые культуры и клевер погибали независимо от свойств почвы и удобрений, а при оптимальных температурных и других условиях зимовки они полностью сохранялись также независимо от почвенных условий. Но так бывает редко. Чаще всего растения погибают частично, и в этих случаях свойства почвы и удобрения оказывают большое влияние на их стойкость. Однако это влияние в разные годы проявляется различно и, в свою очередь, зависит от условий зимовки.

Поэтому мы поставили перед собой задачу — изучить влияние условий зимовки на стойкость озимых культур в зависимости от свойств почв и вносимых удобрений, то есть установить взаимосвязь между условиями зимовки и влиянием свойств почвы на стойкость и урожай растений. С этой целью в течение нескольких лет мы проводим вегетационные опыты на двух дерново-подзолистых почвах. Одна из них — кислая слабокультуренная. Агрохимические свойства этой почвы следую-

щие: рН (солевой вытяжки) 4,3—4,5; сумма поглощенных оснований 7—8 м.-экв. на 100 г почвы; степень насыщенности основаниями около 50%; содержание подвижного алюминия — 10 мг на 100 г почвы; гумуса около 2%; P_2O_5 в уксуснокислой вытяжке (по Чирикову) 6—7 мг на 100 г почвы.

Вторая почва взята с припарникового участка, где в течение многих лет вносили большое количество навоза. Агрохимические свойства этой почвы таковы: рН (солевой вытяжки) 5,7; подвижного алюминия — следы; гумуса 6%; усвояемой P_2O_5 в уксуснокислой вытяжке (по Чирикову) 38 мг на 100 г почвы.

Чтобы создать большое разнообразие условий почвенной среды, мы применяли в разном сочетании известь и минеральные удобрения, которые вносили в форме аммиачной селитры, суперфосфата и хлористого калия из расчета 0,1 г действующего вещества на 1 кг почвы, а известь — по полной гидролитической кислотности. Для усиления отрицательных свойств почвы использовали соли алюминия [$AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$] и марганца ($MnCl_2$) из расчета 8 мг на 100 г почвы.

На фоне такого большого разнообразия почвенной среды мы проводили зимовку растений в разных условиях, которые создавали искусственно. Поддерживали высоту снегового покрова 10, 30 и 100 см, в конце февраля создавали ледяную корку, под которой растения находились до таяния снега, после схода снега заливали сосуды водой на 15 суток. Изучали также влияние влажности почвы на зимостойкость растений в осенне-зимний период. Для этого в одной серии опытов влажность поддерживали на уровне 60%, а в другой — около 90% от капиллярной влагоемкости.

Сосуды с растениями на зимовку зарывали в почву с таким расчетом, чтобы узлы кушения находились на глубине 3—4 см от поверхности почвы.

Для опытов были взяты озимая пшеница Пшенично-пырейные гибриды 599 и 186 (1959/60 г.) и озимая рожь Вятка московская. Температура в зоне узла кушения под слоем снега 100 см во все годы опытов колебалась от 0 до -2° .

Под покровом снега 10 см имелось в виду создать условия, способствующие вымерзанию. Однако температура в зоне узла кушения не опускалась ниже -10° .

Погодные условия в течение зимы в отдельные годы были различными. Наиболее суровой была зима 1956/57 г. Температурные условия зимой 1958/59 г. были удовлетворительными: морозов, превышающих — 25°, не было. Зима 1959/60 г. оказалась вполне благоприятной.

Результаты четырехлетних исследований влияния условий зимовки, свойств почвы и удобрений на зимостойкость растений изложены в таблицах 50 и 51.

Таблица 50

Влияние свойств почвы, удобрений и условий зимовки на зимостойкость озимой пшеницы (сохранилось растений в %)

Вариант опыта	Зима 1956/57 г.			Зима 1958/59 г.			Зима 1959/60 г.			
	высота снегового покрова (в см) и другие условия зимовки									
	10	30 + ледяная корка	100	10	30	30 + избыточное увлажнение	100	10	30	30 + избыточное увлажнение
Слабокультуренная почва	90	20	87	90	96	38	65	100	97	43
То же + N	97	27	33	—	—	—	—	—	—	—
» » + NK	80	30	47	100	96	30	89	100	90	47
» » + NPK	90	67	—	100	92	61	71	97	100	80
» » + NK + Al	27	3	0	51	98	15	45	100	93	67
» » + NK + Mn	83	33	10	90	96	15	65	100	97	53
» » + NPK + CaCO ₃	93	47	—	94	85	—	74	100	100	80
Окультуренная почва + NPK	97	50	—	90	—	54	80	—	—	—

Зимостойкость растений в очень сильной степени зависит от условий зимовки, а также от свойств почв и удобрений. Наибольшая гибель растений наблюдалась под ледяной коркой и при избыточном увлажнении почвы в осенне-зимний период. Под покровом снега 100 см выпало больше растений, чем под слоем снега 10 см. В суровые зимы этого, разумеется, может и не быть. У озимой ржи в благоприятные годы растения почти полностью сохранились под слоем снега 10 и 100 см. Следовательно, в этих условиях установить, как влияет покров снега на стойкость озимой ржи, не удалось.

Влияние условий зимовки, свойств почвы и удобрений на зимостойкость озимой ржи (сохранилось растений в %)

Вариант опыта	Зима 1957/58 г.				Зима 1958/59 г.				Зима 1959/60 г.				
	Высота снегового покрова (в см) и другие условия зимовки												
	10	30	100	30 + вымо- кание	10	30	100	30 + вымо- кание	10	30	100	30 + вымо- кание	10 + по- вышенная влаж- ность осенью
Слабоокультуренная почва (без удобрений)	14,0	33,0	97,3	55,5	73,0	81,0	62,0	62,5	97,9	97,9	95,6	87,5	90,6
	27,8	59,0	72,2	69,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	50,0	80,5	63,8	50,0	78,0	77,0	81,0	62,5	100,0	43,7	95,8	91,6	93,7
	0,0	5,5	0,0	5,5	75,0	80,0	62,0	64,6	97,9	97,8	97,9	64,6	81,2
	2,8	5,5	30,5	11,0	73,0	75,0	75,0	17,0	95,8	91,7	93,7	52,1	81,0
	25,0	77,7	61,1	50,0	75,0	81,0	62,0	56,2	91,6	91,8	97,9	95,8	96,8
	94,4	83,3	88,8	91,6	75,0	75,0	78,0	87,5	97,6	92,0	97,9	93,8	94,0
	27,7	80,5	69,4	36,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8,3	11,0	44,4	38,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	91,6	97,2	77,7	80,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	97,3	100	94,4	94,4	81,2	72,0	87,5	80,0	100	100	96	100	10
	100	100	86,1	96,3	87,5	81,2	87,5	87,5	—	—	—	—	—
Окультуренная почва + NPK													

В зиму 1957/58 г. в конце ноября снега было мало, температура в зоне узла кущения опускалась до -12° , а в середине декабря прошел дождь, и в сосудах под снегом 10 см образовалась притертая ледяная корка. Поэтому в этих условиях наибольшая гибель растений наблюдалась под слоем снега 10 см и наименьшая под слоем снега 100 см. Следовательно, высота снегового покрова может влиять различно, в зависимости от конкретных условий. И. М. Васильев в своей монографии «Зимовка растений» высказывает мысль о том, что ледяная корка мало вредит растениям. Наши опыты с озимой рожью и озимой пшеницей не подтверждают его точки зрения.

Влияние свойств почвы на стойкость растений проявляется по-разному и зависит от условий зимовки. Зима 1959/60 г. была мягкой и благоприятной для перезимовки растений. В этих условиях под покровом снега 10 и 30 см сохранились все растения, независимо от свойств почв и удобрений. Однако при вымокании и повышенной влажности почвы в осенне-зимний период подвижные формы алюминия и марганца на фоне азотно-калийных удобрений оказали отрицательное влияние на стойкость растений.

Действие свойств почв и удобрений особенно заметно в неблагоприятных условиях зимовки — под ледяной коркой и при избыточном увлажнении почвы в осенне-зимний период. Излишняя кислотность почвы, алюминий и марганец в подвижной форме, одностороннее внесение азотных удобрений резко снижают стойкость растений, а фосфорные удобрения повышают ее. Особенно сильное влияние на зимостойкость растений оказывают алюминий и марганец. Результаты наших опытов с яровыми культурами показали, что фосфор ослабляет, а иногда и полностью снимает отрицательное действие этих элементов. В опытах с озимыми культурами мы наблюдали аналогичное явление. Но в суровых условиях зимы 1957/58 г. защитное действие фосфора проявилось лишь на растениях, находившихся под слоем снега 100 см, а под слоем снега 30 см — только против марганца.

Известкование почв и их высокая окультуренность значительно повышают устойчивость растений в любую зиму.

Условия зимовки, свойства почвы, естественно, оказывают большое влияние не только на зимостойкость, но и на урожай растений, а также на эффективность удобрений (табл. 52, 53, 54).

Таблица 52

Влияние свойств почвы и условий зимовки на урожай озимой пшеницы (в г с 1 сосуда) и эффективность удобрений (зима 1956/57 г.)

Вариант опыта	Высота снегового покрова (в см) и другие условия зимовки					
	10 см		100 см		30 см + вымокание	
	в г	в %	в г	в %	в г	в %
Слабоокультуренная почва	4,02	100	3,90	100	1,43	100
То же + N	2,22	55	0,15	3,8	0,04	2,8
» » + PK	—	—	—	—	—	—
» » + NK	0,10	2,5	0	0	0,04	2,8
» » + NPK	16,30	405	—	—	13,10	916
» » + NK + Al	0,08	2,0	0	0	0	0
» » + NK + Mn	0,17	4,2	0,02	0,05	0,05	3,5
» » + CaCO ₃	9,76	243	3,58	92	2,99	209
» » + NPK + CaCO ₃	16,40	409	—	—	15,00	1049
Окультуренная почва + + NPK	29,20	727	12,40	317	28,94	2024

Из условий зимовки наиболее неблагоприятно на урожай растений действуют ледяная корка, вымокание и избыточное увлажнение почвы в осенне-зимний период. Вред, причиняемый этими факторами, в сильной степени зависит от свойств почвы. Так, на хорошо окультуренной почве урожай зерна был приблизительно одинаковым при разных условиях зимовки и только значительно понизился в сосуде под слоем снега 100 см потому, что хорошо развитые растения под большим покровом снега (при относительно высокой температуре 0—2°) сильно истощаются от интенсивного дыхания. Следовательно, на хорошо окультуренной почве существенную опасность представляет избыточный покров снега, под которым возможно выпревание. Поэтому необходимо добиваться равномерного распределения снега по полям и не

Таблица 53

Влияние свойств почвы и условий зимовки на урожай озимой пшеницы (в г с 1 сосуда) и эффективность удобрений (зима 1958/59 г.)

Вариант опыта	Высота снегового покрова (в см) и другие условия зимовки							
	10		30		100		30 см + вымокание	
	в г	в %	в г	в %	в г	в %	в г	в %
Слабокультуренная почва	7,40	100	6,17	100	1,72	100	1,40	100
То же + N	—	—	—	—	—	—	—	—
» » + PK	7,55	102	6,98	113	3,61	210	4,78	341
» » + NK	8,27	112	7,12	115	3,05	177	1,37	98
» » + NPK	12,60	170	9,80	160	3,97	521	5,35	382
» » + NK + Al	0,62	8	6,50	105	0	0	0	0
» » + NK + Mn	8,58	116	5,80	94	3,20	186	0,27	19
» » + CaCO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—
» » + NPK + CaCO ₃	13,30	180	11,15	181	6,72	400	—	—
Окультуренная почва + + NPK	14,92	202	15,61	253	16,60	963	16,48	1177

Таблица 54

Влияние свойств почвы и условий зимовки на урожай озимой пшеницы (в г с 1 сосуда) и эффективность удобрений (зима 1959/60 г.)

Вариант опыта	Высота снегового покрова (в см) и другие условия зимовки									
	10		30		100		30 + вы- мокание		30 + ледя- ная кор- ка	
	в г	в %	в г	в %	в г	в %	в г	в %	в г	в %
Слабокультуренная почва	6,08	100	4,67	100	2,84	100	2,35	100	5,13	100
То же + NK	9,58	157	8,21	176	7,81	275	3,24	138	8,69	169
» » + NK + Al	8,91	146	7,40	180	5,23	184	1,91	81	7,54	147
» » + NK + Mn	9,71	160	8,96	192	5,72	201	3,09	131	8,79	170
» » + PK	6,94	114	7,19	154	6,24	220	5,66	241	6,78	132
» » + NPK	13,24	232	13,06	280	7,56	266	9,61	409	12,35	241
» » + NPK + CaCO ₃	12,32	209	11,68	250	6,49	229	10,8	460	13,41	261

допускать излишнего скопления его на отдельных участках озимых культур.

Эффективность удобрений зависит не только от свойств почв, но и от условий зимовки. Полное минеральное удобрение в благоприятных условиях зимовки 1958/59 г. повысило урожай на 60—70%, а при вымокании и под большим покровом снега — на 282—421%. Объясняется это тем, что после неблагоприятной зимовки урожай без удобрений был низким.

В мягкую зиму 1959/60 г. разница урожая в вариантах опыта под покровом снега 10 и 30 см достигала 150%, в то время как при вымокании урожай с растений, произраставших в хороших условиях питания ($\text{NPK} + \text{CaCO}_3$), превосходил урожай на почве без удобрений на 360%. Еще бо́льшая разница в урожае отдельных вариантов наблюдалась в более суровую зиму 1956/57 г.: урожай на удобренной (NPK) окультуренной почве и на удобренной слабоокультуренной превышал урожай контроля в 7—20 раз.

Эффективность фосфорно-калийных удобрений при плохих условиях зимовки растений выше, чем при хороших, а эффективность азотных и азотно-калийных удобрений, как правило, меняется в обратном направлении. Так, в благоприятных условиях зимовки прибавка от азотно-калийных удобрений составила 57—76%, что значительно превосходило прибавку от калийных удобрений.

Эффективность извести, как показали многочисленные опыты разных авторов, зависит от кислотности почвы, биологических особенностей растений и других условий. Наши опыты с озимой рожью и озимой пшеницей выяснили, что на эффективность извести, кроме того, влияют условия зимовки растений. Так, в благоприятную зиму 1959/60 г. урожай от известкования не повысился, а на фоне вымокания и ледяной корки в том же опыте известь дала существенную прибавку. Еще бо́льшая эффективность извести получена при неблагоприятных условиях зимовки в 1956/57 г.

Таким образом, эффективность извести возрастает при повышенной влажности почвы в осенне-зимний период и при образовании ледяной корки.

Зимой 1958/59 г. мы провели специальный опыт, в котором изучали влияние влажности почвы в осенне-

зимний период на урожай озимой пшеницы и на эффективность удобрений. Результаты этого опыта изложены в таблице 55.

Оптимальное увлажнение поддерживали на уровне 60% от капиллярной влагоемкости, а избыточное — около 90%. Из данных таблицы 55 видно, что избыток влаги в почве осенью и зимой резко снижает урожай озимой пшеницы. В некоторых вариантах урожай пшеницы при избыточном увлажнении составил 1—30% от урожая при оптимальном увлажнении.

Таблица 55

Влияние увлажнения почвы в осенне-зимний период на урожай озимой пшеницы и эффективность удобрений (зима 1958/59 г.)

Вариант опыта	Оптимальное		Избыточное		Урожай при избыточном увлажнении в % от урожая при оптимальном увлажнении
	в г	в %	в г	в %	
Слабокультуренная почва	6,17	100	1,71	100	28
То же + NK	7,12	115	0,08	4,6	1
» » + PK	6,98	113	4,75	277	68
» » + NPK	9,80	159	7,22	422	74
» » + NK + Al	6,50	105	0	0	—
» » + NK + Mn	5,80	94	0,25	15	4
» » + NPK + CaCO ₃	11,15	181	7,89	455	71
Окультуренная почва + + NPK	15,61	253	15,90	930	102

Отрицательное влияние избыточной влажности почвы на перезимовку растений ранее было установлено В. П. Мосоловым. Наши опыты подтвердили его данные. Однако В. П. Мосолов не связывал влияние избыточной влажности со свойствами почвы и удобрениями. Наши опыты показали, что снижение урожая в переувлажненных сосудах зависит от свойств почв и удобрений. На хорошо окультуренной, удобренной (NPK) почве урожай озимой пшеницы при избыточном увлажнении был практически равен урожаю при оптимальном увлажнении. В неблагоприятных почвенных условиях (кислая почва, избыток алюминия и марганца и т. д.) урожай при повышенной влажности по сравнению с урожаем при оптимальной влажности был ничтожный и составлял 1—28%.

Азотно-калийные удобрения в условиях оптимального увлажнения повышали урожай, а в условиях избыточного — резко снижали; фосфорно-калийные, наоборот, при оптимальном увлажнении незначительно увеличивали урожай, а при избыточном — увеличили его почти втрое. Дополнительное внесение в почву алюминия и марганца на фоне оптимального увлажнения практически не оказало влияния на урожай, а на фоне избыточного увлажнения растения совсем не дали зерна. При повышенной влажности существенно возросла эффективность извести.

Чем же можно объяснить отрицательное влияние излишней влажности почвы на стойкость и урожай пшеницы и резкое повышение при этих условиях эффективности извести и фосфорных удобрений?

Влажность, так же как и кислотность, определяет содержание в почве подвижного марганца. Установлено, что если в нормально увлажненной почве содержится 2—3 мг подвижного марганца на 100 г почвы, то при влажности 90—95% его содержание достигает 30—40 мг на 100 г почвы, что является токсичным для растений.

Под влиянием извести излишняя кислотность, избыток подвижных форм алюминия и марганца устраняются, а фосфорные удобрения ослабляют отрицательное действие неблагоприятных факторов, улучшая обмен веществ в растениях.

Практические рекомендации из этих опытов заключаются в том, что на почвах с избыточным увлажнением необходимо принимать меры к ее устранению, то есть проводить мелиорацию, устраивать отводные каналы из микропонижений, бороздовать посевы с близким залеганием грунтовых вод. Переувлажненные почвы следует известковать в первую очередь, вносить на них в достаточном количестве фосфорные удобрения и не злоупотреблять осенью азотными удобрениями, особенно в аммиачной форме. Основную часть азотных удобрений под озимые культуры следует вносить в подкормку ранней весной.

Условия зимовки, свойства почвы и удобрения в значительной мере определяют и структуру урожая (табл. 56).

Таблица 56

Влияния свойств почвы, удобрений и высоты снегового покрова на структуру урожая озимой пшеницы

Вариант опыта	Число зерен в 1 колосе при высоте снега (в см)		Зазызывание зерна (в %) при высоте снега (в см)		Вес 1000 зерен (в г) при высоте снега (в см)	
	30	100	30	100	30	100
Слабоокультуренная почва . . .	11,0	9,4	54	32	38,3	41,6
То же + N . . .	7,0	5,1	35	18	36,4	12,8
» » + NK . . .	0,91	0,0	8	11	33,0	0,0
» » + NPK . . .	24,0	26,0	55	65	34,2	23,1
» » + NK + Al . . .	1,2	0,0	7	0	26,6	0,0
» » + NK + Mn . . .	2,0	4,2	12	30	24,3	6,6
» » + NPK + CaCO ₃ . . .	25,0	8,4	63	61	42,6	25,5
Окультуренная почва + NPK . . .	30,0	32,0	67	65	42,7	42,4

В одном колосе на слабоокультуренной почве образовалось 11 зерен, в то время как на хорошо окультуренной — 30 зерен; на кислой почве, удобренной азотом, — 7 зерен, а на той же почве при полном минеральном удобрении — 24 зерна.

В уцелевших после зимовки растениях, произрастающих на кислой почве без удобрений, удобренной одним азотом или азотом и калием, а также при повышенном содержании в ней алюминия и марганца были нарушены процесс оплодотворения и налив зерна. Фосфорные удобрения, наоборот, стимулировали закладывание генеративных органов, процесс оплодотворения и налив зерна. Существенное влияние на структуру урожая оказывает высота снегового покрова. Как правило, под избыточным снеговым покровом, особенно в вариантах на слабоокультуренной почве с азотными, азотно-калийными удобрениями и алюминием, растения ухудшают структуру урожая. Исключение составляет хорошо окультуренная почва, на которой структура урожая озимой пшеницы не зависела от высоты снегового покрова.

Аналогичные результаты получены и в 4-летних опытах с озимой рожью (Н. С. Авдониц и Б. М. Зеликсон, 1962).

ГИБЕЛЬ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР ПОСЛЕ ПЕРЕЗИМОВКИ

О зимостойкости растений написано очень много работ, вскрыто большое количество закономерностей, но причины гибели озимых культур после перезимовки (в весенне-летний безморозный период) в условиях нечерноземной зоны СССР не привлекали внимания исследователей. Между тем, как показали результаты опытов на Агробиологической станции МГУ, гибель озимых культур широко распространена и после благополучной перезимовки.

В литературе имеется немало указаний на то, что озимые культуры погибают ранней весной от утренних заморозков. В. П. Мосолов неоднократно наблюдал, что растения очень часто и в больших размерах погибают «ранней весной, в период схода снега и вскоре после схода снега». Ослабленные в процессе перезимовки, озимые культуры оказываются весьма чувствительными к низкой температуре весной, когда оттепели чередуются с заморозками.

Мы в своих исследованиях изучали не гибель озимых от весенних заморозков, а влияние свойств почв и удобрений на их стойкость в весенне-летний безморозный период.

С этой целью на 10-ти площадках (по 1 кв. м) опытных делянок подсчитывали число растений осенью перед уходом под зиму, в конце мая, когда уже нет заморозков, и перед уборкой урожая в августе. В таблице 57 изложены результаты учета растений озимой ржи (сорт Вятка) на контрольных делянках трех опытов.

Т а б л и ц а 57

Гибель озимой ржи Вятка зимой и в весенне-летний период

Номер опыта	Число растений на 1 кв. м			Погибло растений (в %)	
	16 октября	27 мая	август (перед уборкой)	зимой	весной и летом
1	285	145	97	49,1	16,8
2	302	201	147	33,4	17,8
3	374	221	144	40,4	20,6

Почва делянок — дерново-сильнопodzolistая, слабо-окультуренная (рН солевой вытяжки 4,6). Урожай озимой ржи в год опыта колебался от 12 до 15 ц с 1 га.

Из данных таблицы 57 видно, что зимой погибло растений озимой ржи от 33,4 до 49,1 %, хотя температурные условия для перезимовки были весьма благоприятными, так как сильных морозов в этом году в Подмоскowie не было. В других опытах гибель озимой ржи в зимнее время достигала 60 %.

Но нас интересует прежде всего вопрос о гибели озимой ржи в весенне-летний безморозный период. Подсчеты показывают, что с 27 мая до уборки озимой ржи на каждом квадратном метре погибло от 48 до 77 растений, что по отношению к полным всходам составило 16,8—20,6 %. Если же сопоставить число растений, погибших за весенне-летний период, с числом перезимовавших растений, то гибель за безморозный период достигает 35 %. Другими словами, весной и летом выпало более трети благополучно перезимовавших растений.

Вполне понятно, что гибель озимой ржи произошла не от вымерзания. Вероятнее всего, ее следует связать со свойствами почвы и с условиями питания растений. Наша аспирантка Е. Папмель сделала выписки о гибели озимых в весенне-летний период из отчетов сортоучастков Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (табл. 58).

Гибель растений в весенне-летний период достигает больших размеров — до 46 % от числа благополучно перезимовавших. При этом в большинстве случаев в безморозный период растений погибает больше, чем зимой.

Чтобы более глубоко изучить причины выпадения растений в весенне-летний период, мы поставили серию специальных опытов.

Один из опытов был заложен с озимой пшеницей в полевых условиях на сильнокислой слабоокультуренной почве (рН солевой вытяжки 4,6). Размер делянки 2 кв. м, повторность четырехкратная. Чтобы в полевых условиях достигнуть точности вегетационного метода, почву с глубины пахотного слоя (20 см) сняли, тщательно перемешали и снова положили на свое место. Растения подчитывали на каждой делянке (табл. 59).

Гибель озимой пшеницы в весенне-летний период колебалась от 0,7 до 46 %. Очень сильное влияние на

Гибель растений зимой и в весенне-летний период (данные Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур)

Область	Сортоучасток и почва	Сорт	Число растений на 1 кв. м			Погибло растений (в %)	
			всходы	после зимовки	перед уборкой	зимой	в весенне-летний период
О з и м я п ш е н и ц а							
Тульская	Тулеский, серая лесная	Ржано-пшеничный	197	181	115	8,1	36,4
	То же	гибрид					
	» »	То же	236	221	126	6,3	43,0
	» »	Ульяновка	292	282	179	3,4	36,5
Курская	Солнцевский, выщелоченный чернозем	Ферругинеум 1239	446	324	266	27,3	18,0
		Ферругинеум 1239	407	300	240	26,2	20,0
	О з и м я я р о ж ь						
Тульская	Тулеский, среднеподзолистая	Вятка	243	243	203	0,0	16,4
	То же	»	321	321	171	0,0	43,6
	» »	»	389	189	177	51,4	6,3
	Солнцевский, выщелоченный чернозем	Харьковская 199	403	344	186	14,6	46,0
»	То же	Харьковская 199	401	207	118	48,3	43,0

**Влияние свойств почвы на стойкость озимой пшеницы
в весенне-летний период (полевой опыт)**

Вариант опыта	Число растений на 1 кв. м		Погибло рас- тений за ве- сенний период (в %)
	весной	перед уборкой	
Кислая почва	124	67	46,0
То же + суперфосфат в рядки .	157	119	24,2
Известкованная почва	119	111	6,7
То же + суперфосфат в рядки .	139	138	0,7

изреживание озимой пшеницы весной и летом оказывает кислотность почвы, подвижный алюминий и т. д. Так, на известкованной почве за весенне-летний период выпало 6,7 %, а на кислой — 46 %.

Такое резкое снижение гибели растений объясняется только известкованием, которое повысило рН с 4,6 до 6,3 и полностью устранило подвижный алюминий. Стойкость озимой пшеницы в безморозный период в значительной степени зависела от обеспеченности растений фосфором. На кислой почве гибель растений при внесении гранулированного суперфосфата в рядки составила 24,2 %, а на известкованной — 0,7 %. Положительное влияние суперфосфата, внесенного в рядки, на стойкость пшеницы в весенне-летний период можно объяснить улучшением условий питания растений. Нашими предыдущими опытами и опытами других авторов установлено, что фосфорные удобрения способствуют росту корневой системы. В результате применения суперфосфата в рядки улучшится питание растений не только за счет фосфора, но и за счет запасов почвы, так как их полнее используют растения с мощной корневой системой.

Таким образом, гибель озимой пшеницы в весенне-летний период связана с кислотностью почвы, сопутствующими ей факторами (подвижный алюминий, избыток марганца и др.) и с условиями питания растений.

Такого же рода явление наблюдалось и в другом полевом опыте на Агробиологической станции МГУ (табл. 60).

**Влияние свойств почвы на стойкость озимой пшеницы
в весенне-летний период**

Вариант опыта	Погибло растений (в %)	
	зимой	весной и летом
Без удобрения	13,5	41,3
Известь и навоз	1,6	7,5

Опыт заложен на кислой слабоокультуренной дерново-подзолистой почве (рН солевой вытяжки 4,7, содержание алюминия на 100 г почвы около 10 мг); площадь делянки 1500 кв. м; растения подсчитывали осенью, перед уходом пшеницы в зиму, весной, после перезимовки, и перед уборкой (9 августа). Как показали результаты, гибель озимой пшеницы в весенне-летний период зависела от свойства почвы и удобрений. При внесении извести и навоза весной и летом погибло 7,5% растений, в то время как на кислой почве без извести и навоза — 41,3%.

В опыте нашей аспирантки Н. Абашеевой изучалось влияние удобрений на гибель озимой ржи в безморозный период. Почва опытного участка дерново-сильноподзолистая, слабоокультуренная. Размер делянки 100 кв. м; повторность четырехкратная. Для подсчета растений на каждом варианте отметили колышками 10 площадок по 1 кв. м. Результаты опыта изложены в таблице 61.

Гибель озимых культур в весенне-летний период достигла больших размеров (в контрольном варианте погибло 36,6% растений), хотя оставшиеся растения дали удовлетворительный урожай (от 18,7 до 27,5 ц с 1 га).

Стойкость озимых растений весной и летом в значительной степени зависит от удобрений, то есть от условий питания. Если на почве без удобрений в весенне-летний период погибло 36,6% растений, то при внесении полного минерального удобрения — 14,7%, а полного минерального удобрения совместно с навозом — всего 0,7%.

Таблица 61

Влияние свойств почвы и удобрений на гибель озимой ржи в весенне-летний период

Вариант опыта	Урожай (в ц с 1 га)	Число растений на 1 кв. м		Погибло растений (в %)
		27 мая	перед уборкой	
Кислая почва	18,73	112	71	36,6
То же + N	21,36	125	101	19,2
» » + K	24,66	132	113	14,4
» » + NK	22,30	178	138	22,4
» » + NPK	27,52	150	128	14,7
» » + NPK + навоз	29,67	141	140	0,7

На Агробиологической станции МГУ под нашим руководством (научный сотрудник Е. В. Кузина и аспирантка Н. А. Абашеева) проведены вегетационные опыты на почвах разной окультуренности. Хорошо окультуренная почва огородного типа взята с припарникового участка, а почва слабой окультуренности — с поля, на которое известь и навоз не вносили. Опыты заложены в сосудах емкостью 7 кг почвы. На зиму они были зарыты в почву. Температура в зоне узла кущения зимой не опускалась ниже -10° . Результаты опытов изложены в таблицах 62 и 63.

Таблица 62

Влияние свойств почвы и удобрений на выпадение (в %) озимой пшеницы зимой и в весенне-летний период (вегетационный опыт)

Вариант опыта	Зимой		Весной и летом	
	окультуренная почва	кислая почва	окультуренная почва	кислая почва
Без удобрения	3,0	3,0	0,0	0
N	3,0	3,0	3,0	23,0
K	3,0	7,0	3,0	0
NK	0,0	13,0	3,0	37,0
NPK	0,0	30,0	0,0	27,0
NK + CaCO ₃	—	0,0	—	7,0
NK + Al	3,0	7,0	0,0	26,0
NK + Mn	0,0	23,0	0,0	10,0
NPK + CaCO ₃	—	0,0	—	0,0

Влияние свойств почв и удобрений на выпадение (в %) озимой ржи зимой и в весенне-летний период (вегетационный опыт)

Вариант опыта	Зимой		Весной и летом	
	окультуренная почва	кислая почва	окультуренная почва	кислая почва
Без удобрения	10	13,3	13,3	16,6
N	6	16,6	0,0	26,6
K	—	13,3	6,6	10,0
NK	6,6	43,3	6,6	33,3
NPK	6,6	6,6	0,0	40,0
NK + CaCO ₃	—	13,3	—	3,3
NPK + CaCO ₃	—	3,3	—	3,3
NK + Al	3,3	16,6	6,6	73,3
NK + Mn	6,6	6,6	3,3	86,6

Из данных таблиц 62 и 63 видно, что, как и в других опытах, на кислой почве выпало значительно больше растений, чем на почве окультуренной. В безморозный период на кислой слабоокультуренной почве растений погибает не меньше, а иногда даже больше, чем зимой. Особенно велика гибель растений весной или летом при внесении азота, азота совместно с калием, а также алюминия и марганца.

На почве окультуренной, высокоплодородной выпадения озимых культур в весенне-летний период почти не наблюдалось. Если азотные и азотно-калийные удобрения на известкованном фоне резко повышали гибель растений в весенне-летний период, то на фоне извести они не оказали неблагоприятного действия. Известкование почвы резко увеличило стойкость озимой ржи как в процессе перезимовки, так и в весенне-летний период.

Гибель растений в весенне-летний период зависит не только от свойств почв, но и от условий зимовки (табл. 64).

Из таблицы 64 видно, что размеры гибели растений в весенне-летний период сильно колеблются в зависимости от условий зимовки, свойств почв и удобрений. Весной и летом больше всего погибло растений при зимовке под слоем снега 100 см, на почве с избыточным увлажнением — в осенне-зимний период и при вымокании.

Таблица 64

Влияние свойств почвы, удобрений и условий зимовки 1958/59 г. на стойкость растений в весенне-летний период (погибло растений после зимовки в %)

Вариант опыта	Высота снегового покрова (в см) и другие условия зимовки				
	10	30	100	30 + избыточное увлажнение	30 + вымокание
Слабокультуренная почва	3,9	5,0	19,0	13,3	13,0
То же + NK	3,5	0,0	17,4	29,9	45,0
» » + PK	0,0	6,7	10,0	30,8	46,3
» » + NPK	10,0	10,0	8,4	18,3	8,2
» » + NK + Al	66,0	3,6	100,0	100,0	33,0
» » + NK + Mn	1,7	6,7	38,5	10,8	50,0
» » + NPK + CaCO ₃	1,6	1,7	34,6	—	0,0
Окультуренная почва + NPK	5,0	0,0	0,0	14,5	0,0

При благоприятных условиях зимовки (под слоем снега 10 и 30 см и при оптимальном увлажнении) гибель растений в безморозный период была незначительной (кроме варианта с избытком алюминия).

Следовательно, условия зимовки оказывают на стойкость растений не только прямое действие, но и последствие.

Таким образом, озимые культуры на кислых дерново-подзолистых почвах гибнут не только зимой, но и в весенне-летний период, что зависит от неблагоприятных свойств почвы (излишняя кислотность, подвижный алюминий, избыток марганца и т. д.) и от недостатка питательных веществ. Удобрение полей не только увеличивает размеры отдельных растений, но и сохраняет их от гибели в весенне-летний период. С этой точки зрения и весенняя подкормка озимых является одним из приемов, уменьшающих выпадение озимых после перезимовки. Поэтому в агротехнику должны быть включены приемы, которые повышают стойкость озимых культур в весенне-летний период. Среди них первостепенное значение имеют известкование почвы и применение всевозможных удобрений, обеспечивающих нормальное питание растений.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЗИМОВКИ ОЗИМЫХ РАСТЕНИЙ НА ИХ РОСТ, РАЗВИТИЕ В БЕЗМОРОЗНЫЙ ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД И УРОЖАЙ

Низкие температуры, вымокание, ледяная корка, выпревание, выпирание, неблагоприятные свойства почвы и другие факторы вызывают гибель растений, особенно в зимний период. Но весьма часто бывает так, что одна часть растений погибает полностью, а другая сохраняется.

Если неблагоприятные условия зимовки и не являются причиной выпадения растений, то вызывают существенные повреждения, которые влияют на их рост и развитие в весенне-летний период.

Прямое действие низких температур и других неблагоприятных факторов, приводящих растения к гибели зимой, исследовано довольно полно, а последствие их на растения в весенне-летний период изучено крайне слабо. Еще менее ясен вопрос о влиянии условий зимовки на рост растений в весенне-летний период и урожай в зависимости от свойств почвы и удобрений. Чтобы восполнить этот пробел, мы на кафедре агрохимии МГУ провели вегетационные опыты с озимой пшеницей (Пшенично-пырейный гибрид 599) и озимой рожью (Вятка московская).

Для опытов брали две почвы, резко различающиеся степенью окультуренности. Свойства этих почв, а также условия постановки опытов изложены выше (стр. 84).

Для того чтобы точнее изучить последствие условий зимовки на рост и развитие растений в безморозный весенний период, мы проанализировали результаты опытов, полученных в мягкие зимы, когда растения полностью сохранились. Следовательно, гибель их могла быть обусловлена последствием зимовки.

Результаты опытов по влиянию влажности почвы в осенне-зимний период на перезимовку и урожай озимой ржи изложены в таблице 65.

Из данных таблицы 65 видно, что избыточная влажность почвы в осенне-зимний период не повлияла на зимостойкость ржи, но оказала очень сильное отрицательное действие на растения в весенне-летний период. Урожай озимой ржи от одинакового количества перезимо-

Влияние влажности почвы на перезимовку и урожай озимой ржи

Вариант опыта	Оптимальное увлажнение		Избыточное увлажнение		Урожай при избыточном увлажнении в % от урожая при нормальном увлажнении
	сохранилось растений после зимовки (в %)	урожай (в г с 1 сосуда)	сохранилось растений после зимовки (в %)	урожай (в г с 1 сосуда)	
Кислая почва	100	4,5	94	1,7	37,7
То же + PK	94	4,7	94	4,5	95
» » + NK	100	7,1	100	2,5	35
» » + NK + Al	93	6,2	94	0,05	6
» » + NK + Mn	100	4,8	100	2,1	44
» » + NPK	94	10,1	90	5,6	55
» » + NPK + + CaCO ₃	100	13,7	100	7,5	55

вавших растений при избыточном увлажнении был в большинстве вариантов в 2 раза меньше урожая при оптимальном увлажнении. Фосфорные удобрения снизили отрицательное влияние избыточного увлажнения, а азотные — повысили. Особенно велик вред от излишнего увлажнения при содержании в почве повышенного количества подвижного алюминия.

Отрицательное действие избыточной влажности в осенне-зимний период хотя и не отразилось на зимостойкости, но оказало влияние на урожай и его структуру (табл. 66).

От избыточной влажности почвы в осенне-зимний период зависит высота растений, количество колосков и зерен в колосе и вес 1000 зерен. Данные таблицы 66 показывают, что избыточная влажность сильнее всего проявляется на кислой почве с избытком подвижного алюминия. Высокая окультуренность почвы, известь и фосфорные удобрения ослабляют вредное действие избыточного увлажнения.

В следующем опыте мы изучали последствие условий зимовки на урожай озимой ржи и озимой пшеницы. Во всех вариантах растения в зимний период сохранились полностью (табл. 67).

Влияние влажности почвы на структуру урожая озимой ржи
(опыт 1959/60 г.)

Вариант опыта	Высота растений		Число колосков в колосе		Число зерен в колосе		Вес 1000 зерен (в г)	
	оптимальное увлажнение	избыточное увлажнение	оптимальное увлажнение	избыточное увлажнение	оптимальное увлажнение	избыточное увлажнение	оптимальное увлажнение	избыточное увлажнение
Кислая почва	88	70	4,2	3,5	15,0	8,5	16,0	11,3
То же + РК	100	82	4,6	6,0	15,9	15,0	20,1	18,7
» » + НК	112	77	6,3	6,0	24,0	14,0	18,3	12,9
» » + НК + Al	107	47	6,4	2,0	21,1	2,0	16,6	10,0
» » + НК + Mn	119	74	6,8	5,0	22,8	12,5	19,7	16,0
» » + NPK	128	120	10,2	9,0	36,1	32,0	23,8	17,8
» » + NPK + + CaCO ₃	138	116	11,0	10,5	34,3	35,0	26,2	20,9

Условия зимовки, даже при полном сохранении растений, оказывают существенное влияние на последующий урожай. Наибольший вред принесло вымокание посевов, хотя растения и не погибли. Отрицательное действие вымокания на урожай озимой ржи и озимой пшеницы, как это видно из данных таблицы 67, в очень сильной степени зависит от свойств почвы. В зиму 1958/59 г. вымокание на кислой почве понизило урожай озимой ржи на 61 %, а на известкованной — на 30 %; в зиму 1959/60 г. соответственно на 59 и 11 %. Отрицательная роль вымокания резко уменьшается на окультуренной почве и на почве с известью и фосфорными удобрениями. Наибольшее понижение урожая от вымокания наблюдается на почве с алюминием.

Избыточная влажность почвы в весенний период неблагоприятно действует и на структуру урожая (табл. 68).

Под влиянием вымокания уцелевшие растения были значительно ниже растений, произраставших на почве с нормальным увлажнением. Вымокание ухудшило закладку генеративных органов, оплодотворение и налив зерна. При этом отрицательное действие его на структуру

Таблица 67

Влияние последствий условий зимовки на урожай озимой пшеницы и озимой ржи (в г с 1 сосуда)

Вариант опыта	Высота снегового покрова (в см)				
	10	30	100	30+ вымокание	
				в г	в % от урожая в варианте без вымокания

Опыт с озимой пшеницей (1959/60 г.)

Кислая почва . . .	6,08	4,67	2,84	2,35	50
То же + NK . . .	9,58	8,21	7,81	3,24	40
» » + NK + Al . .	8,91	7,40	5,23	1,91	46
» » + NPK . . .	13,24	13,06	7,56	9,61	74
» » + NPK + + CaCO ₃	12,32	12,68	7,49	10,80	86

Опыт с озимой рожью (1958/59 г.)

Кислая почва + NPK	5,7	5,3	3,75	2,06	39
То же + NPK + + CaCO ₃	7,5	9,3	7,6	6,5	70
Окультуренная почва	10,8	9,7	7,9	7,9	82
То же + NPK . . .	11,0	10,4	8,3	8,1	78

Опыт с озимой рожью (1959/60 г.)

Кислая почва + NPK	10,1	9,7	10,7	3,98	41
То же + NPK + + CaCO ₃	13,7	12,3	12,2	10,9	89

Таблица 68

Влияние вымокания на структуру урожая озимой ржи (зима 1959/60 г.)

Вариант опыта	Высота растений		Число колосков в колосе		Число зерен в колосе		Вес 1000 зерен (в г)	
	без вымо- кания	с вымо- канием	без вымо- кания	с вымока- нием	без вымо- кания	с вымока- нием	без вымо- кания	с вымока- нием
Кислая почва . .	113	60	5,6	4,3	15,0	6	19,3	11,7
То же + PK . . .	92	79	5,5	—	15,3	13	19,6	11,0
» » + NK . . .	108	76	7,2	—	20,0	10	20,6	15,0
» » + NK + Al	103	60	7,3	3,0	24,0	5	13,7	10,0
» » + NK + Мп	116	67	6,8	3,8	24,1	6	16,6	11,7
» » + NPK . .	140	94	9,4	9,4	42,0	17	17,4	14,1
» » + NPK + + CaCO ₃	135	125	10,5	15,2	45,3	36	18,5	19,0

урожаю, так же как и на урожай, сильнее всего проявилось на кислой почве с избытком алюминия в подвижной форме. Известкование, фосфорные удобрения и общие приемы окультуривания почв устраняют вред от вымокания.

Неблагоприятные условия зимовки оказывают влияние и на уцелевшие растения, которые на бедных кислых дерново-подзолистых почвах дают меньший урожай, чем на окультуренных почвах. Но как действуют условия зимовки и, в частности, низкая температура на уцелевшие растения в зависимости от свойств почвы, до наших работ не было известно.

Чтобы получить ответ на этот вопрос, мы поставили опыт с озимой рожью на бедной кислой дерново-подзолистой почве и на хорошо окультуренной почве огородного типа. В одной серии опытов растения находились под покровом снега 10—15 см, а в другой — около 100 см. В первом случае температура в зоне узла кушения озимой ржи опускалась до $-10-14^{\circ}$, а во втором колебалась от 0 до $-2-3^{\circ}$.

Результаты этого опыта, изложенные в таблице 69, позволяют судить о влиянии зимних температур на урожай уцелевших растений. За 100% принят урожай и количество перезимовавших растений при большом снеговом покрове.

Таблица 69

Влияние высоты снегового покрова на перезимовку и урожай озимой ржи

Вариант опыта	Окультуренная почва			Кислая почва		
	Урожай под малым покровом снега (в % к урожаю под большим покровом)		Перезимовало растений под малым покровом снега (в % по сравнению с большим покровом)	Урожай под малым покровом снега (в % к урожаю под большим покровом)		Перезимовало растений под малым покровом (в % по сравнению с большим покровом)
	общий	зерно		общий	зерно	
Без удобрения	99,4	91,8	96,2	53,5	8,6	90,0
N	92,0	96,8	85,5	16,5	3,1	49,3
NK	96,3	98,3	87,4	87,7	0,0	92,3
NPK	90,1	91,2	75,3	11,5	21,2	92,8

Под слоем снега 10—15 см перезимовало растений меньше, чем под большим снеговым покровом. Так, на

окультуренной почве под малым покровом снега сохранилось 75—96% растений от того количества, которое перезимовало под большим покровом.

Урожай растений при перезимовке под слоем снега 10—15 см был ниже урожая под слоем снега 100 см примерно на ту же величину. Из этого следует, что уменьшение урожая ржи под малым снеговым покровом на окультуренной почве в основном зависело от числа уцелевших растений, а не от урожая с каждого растения. Более низкая температура зимой при малом покрове снега на окультуренной почве не оказала влияния на урожай уцелевших растений.

Иная картина наблюдалась на кислой почве. Гибель растений здесь под слоем снега 10—15 см была очень высокой, но примерно такая же, как и под большим покровом. В то же время разница в урожае вариантов с неодинаковым покровом снега на кислой почве была очень значительна. Так, в варианте без удобрений число растений, перезимовавших под слоем снега 10 см, составляло 90% от числа растений, перезимовавших под большим снеговым покровом, а урожай соответственно составил — общей массы 53,5% и зерна 8,6%. Аналогичная картина наблюдалась при внесении полного удобрения.

Следовательно, на кислых почвах не только больше гибнет растений зимой, но и уцелевшие растения под влиянием низких температур и других неблагоприятных условий зимовки настолько повреждаются, что значительно снижают урожай.

Экспериментальные данные показывают, что условия зимовки влияют не только на сохранение растений зимой, но и на урожай уцелевших растений. Практический вывод из этих данных заключается в том, что применение так называемой зимней агротехники (регулирование толщины покрова снега, борьба с ледяной коркой и др.) важно не только для борьбы с гибелью озимых культур в процессе зимовки, но и для сохранения урожая уцелевших растений. Это новое обстоятельство еще более усиливает необходимость ухода за озимыми культурами зимой.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЙ И УСЛОВИЙ ЗИМОВКИ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В РАСТЕНИЯХ ОЗИМОЙ РЖИ И ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

В первой половине XVIII века гибель растений во время зимовки объясняли разрывом клеток и тканей при замерзании воды в них. Немецкий ученый Мюллер-Тургау и другие считали, что растения гибнут от обезвоживания при образовании льда. Далее гибель растений объясняли тем, что при замерзании воды в клетках значительно повышается концентрация солей и других растворимых веществ в клеточном соке. Н. А. Максимов (1913) выдвинул теории механического давления льда на клетки и защитного действия растворимых углеводов.

За последние десятилетия исследователи стали сопоставлять гибель растений с биохимическими процессами, которые протекают в них зимой. Так, Н. М. Сисакян и Б. А. Рубин (1939) полагают, что гибель растений при низких температурах обусловливается необратимым смещением ферментативных реакций в сторону гидролиза. Это направление за последние годы приобретает все большее значение. В течение пяти лет мы изучали химический состав и биохимические процессы, протекающие в растениях озимой ржи и озимой пшеницы в зависимости от условий зимовки, свойств почвы и вносимых удобрений. Для этого в листьях, узлах кущения и корнях растений определяли общее содержание сахаров, отдельно моно- и дисахаридов, белкового и небелкового азота, активность инвертазы, каталазы и пероксидазы.

Анализ растений на содержание углеводов и азотистых веществ проводили в фиксированном материале: углеводов — по методу Бертрана и азотистых веществ — по методу Кьельдаля. Активность ферментов установили в автолитических смесях, приготовленных из живых растений. Каталазу определяли газометрическим методом по количеству выделенного кислорода при разложении перекиси водорода (в 1 куб. см за 3 минуты), пероксидазу — по методу Бояркина в условных единицах плотности, а гидролитическую активность инвертазы (сахаразы) — по количеству расщепленной сахарозы (в мг на 1 г сухого вещества).

УГЛЕВОДЫ И ЗИМОВКА ОЗИМЫХ РАСТЕНИЙ

Углеводный обмен играет значительную роль в жизни растений. О влиянии углеводов на зимостойкость растений написана обширная литература. Н. А. Максимов (1913), И. И. Туманов (1940) придают очень большое значение растворимым углеводам как защитным веществам от губительного действия низких температур. И. И. Туманов и другие находили связь между количеством легкорастворимых сахаров в различных сортах растений и их зимостойкостью. Другие исследователи такой связи не обнаруживали.

Для изучения этой зависимости мы проводили опыты в вегетационных сосудах и ящиках, которые на зиму зарывали в почву с таким расчетом, чтобы узлы кушения находились на 3—4 см ниже ее поверхности. Над растениями в течение зимы поддерживали слой снега 10, 30 и 100 см. Результаты исследований узлов кушения пшеницы изложены в таблицах 70 и 71.

Таблица 70

Содержание сахаров в листьях и узлах кушения озимой пшеницы перед уходом в зиму в зависимости от свойств почвы и удобрений (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	1957 г.	1958 г.		1959 г.	
	все растение	листья	узлы кушения	листья	узлы кушения
Кислая почва (без удобрений) . . .	21,2	34,0	36,2	30,3	39,3
То же + N . . .	29,2	—	—	—	—
» » + NK . . .	30,5	30,9	28,5	30,2	34,8
» » + PK . . .	21,1	29,2	36,8	31,5	38,7
» » + NK + Al . . .	23,6	33,8	32,2	29,8	33,2
» » + NK + Мп . . .	30,0	29,6	25,7	31,5	34,5
» » + NPK . . .	16,4	22,4	23,0	29,5	28,6
» » + NPK + + СаСО ₃ . . .	18,3	22,1	19,5	27,2	26,1
Окультуренная почва + NPK . . .	18,2	21,4	12,7	—	—

В схеме опытов имеются две группы вариантов. Условия вариантов первой группы повышают зимостой-

Таблица 71

Содержание сахаров в листьях и узлах кущения озимой ржи перед уходом в зиму в зависимости от свойств почвы и удобрений (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	1957 г.		1958 г.		1959 г.		1960 г.	
	ли- стья	узлы куще- ния	ли- стья	узлы куще- ния	ли- стья	узлы куще- ния	ли- стья	узлы куще- ния
Кислая почва (без удобрения) . .	32,0	31,0	30,0	20,0	36,6	43,3	44,4	48,8
То же + NK . .	22,6	29,8	22,8	40,2	35,3	39,2	40,4	45,5
» » + NK + Al . .	—	—	26,2	37,6	35,5	43,3	44,1	55,7
» » + NK + Мп . .	—	—	26,2	46,4	32,8	37,6	—	—
» » + NPK . .	23,6	29,8	17,1	33,8	27,0	36,3	48,6	55,6
» » + NPK + + СаСО ₃	—	—	17,6	38,6	26,5	34,1	44,0	—
Окультуренная почва + NPK . .	24,7	31,3	15,1	31,0	—	—	—	—

кость растений — окультуренная почва, кислая почва, получившая полное удобрение и известь, а условия вариантов второй группы понижают ее — кислая почва без удобрений, та же почва + N, + NK, NK + Al, NK + Мп. Из данных таблиц видно, что растения с вариантов, способствующих их гибели, перед уходом в зиму содержали сахаров больше, чем растения с вариантов, увеличивающих их зимостойкость.

Осенью на кислой почве со значительным количеством подвижных алюминия и марганца в озимых растениях, как правило, сахаров бывает больше, чем на хорошо окультуренной и известкованной почве. Объясняется это тем, что на кислой почве с подвижным алюминием задерживается процесс образования белков и других сложных органических соединений. На известкованной и окультуренной почве углеводы полнее используются на построение белков и других соединений, поэтому их содержится в растениях меньше. Зимостойкость ржи значительно выше зимостойкости озимой пшеницы. Но количество сахаров в растениях озимой ржи и озимой пшеницы не коррелирует с их зимостойкостью. В опытах 1958 г. в листьях и узлах кущения озимой пшеницы сахаров, как правило, накапливалось больше, чем у озимой ржи. Иногда бывает и наоборот. Во всяком

случае, прямой связи и даже какой-либо зависимости между содержанием в растениях сахаров перед уходом в зиму и их зимостойкостью нет.

Таким образом, запас сахаров в растениях перед уходом в зиму не определяет их зимостойкости.

Значительно большее значение для зимостойкости растений имеет интенсивность использования сахаров в течение зимы. В опытах кафедры агрохимии МГУ с озимой рожью, клевером и люцерной установлено, что растения, выросшие на кислых почвах со значительным количеством подвижного алюминия, интенсивнее расходуют углеводы, чем растения на окультуренной почве.

Результаты опытов с озимой пшеницей изложены в таблицах 72 и 73.

Таблица 72

Содержание суммы сахаров в растениях озимой пшеницы в течение зимы 1958/59 г. в зависимости от свойств почвы и удобрений (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	Листья			Уменьшилось за зиму	Узлы кущения		Уменьшилось за зиму
	11 ноября	22 декабря	2 марта		22 декабря	2 марта	
Кислая почва (без удобрений) . .	34,01	23,54	12,93	21,08	36,15	20,34	15,81
То же + НК . . .	30,88	21,86	11,78	19,10	28,49	20,35	8,14
» » + РК . . .	29,18	24,32	11,38	17,80	36,82	15,50	21,32
» » + НРК . . .	22,35	19,54	7,59	14,76	23,04	9,98	13,06
» » + НК + Al	33,78	23,50	12,39	21,38	36,18	20,71	15,47
» » + НК + Mn	29,56	21,90	7,58	21,98	25,68	10,40	15,28
» » + НРК + CaCO ₃	22,07	17,53	4,40	17,63	19,48	5,17	14,31
Окультуренная почва + НРК .	21,45	11,56	1,50	19,95	12,72	2,39	10,33

Растения с вариантов, повышающих зимостойкость, — РК, НРК + CaCO₃ и НРК на окультуренной почве — перед уходом в зиму имели сахаров меньше, чем растения с вариантов, понижающих зимостойкость растений, — кислая почва без удобрений, НК, НК + Al, НК + Mn.

В конце зимы 1958/59 г. растения, выросшие в благоприятных для зимовки почвенных условиях (варианты с

Содержание сахаров в растениях озимой пшеницы в течение зимы 1959/60 г. в зависимости от свойств почвы и удобрений (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Февраль	Март	Умень- шилось за зиму
---------------	---------	--------	---------	---------	------	-----------------------------

Узлы кущения

Кислая почва (без удоб- рения)	46,90	46,98	48,30	36,82	37,42	9,56
То же + NK	36,31	47,90	45,17	36,29	35,42	12,48
» » + PK	41,92	47,17	48,08	35,73	35,73	11,44
» » + NPK	33,52	42,86	40,06	26,15	30,40	12,46
» » + NPK + CaCO ₃	32,48	37,94	43,27	28,42	29,63	8,31

Листья

Кислая почва (без удоб- рения)	27,58	35,07	28,20	14,78	12,80	22,27
То же + NK	33,25	30,37	25,91	17,78	13,40	16,93
» » + PK	27,94	35,38	20,58	16,97	11,20	24,13
» » + NPK	25,64	29,10	21,17	15,18	9,77	19,33
» » + NPK + CaCO ₃	24,21	26,74	25,53	18,38	12,77	13,97

PK, NPK + CaCO₃ и на окультуренной почве), содержали сахара значительно меньше, чем растения, находящиеся в неблагоприятных почвенных условиях. На кислой почве без удобрений и с внесением NK и NK + Al в конце зимы озимая пшеница накапливала много сахаров. Однако это не спасало ее от гибели. Наименьший расход сахаров в течение зимы наблюдался в растениях, выращенных на окультуренной почве, с полным минеральным удобрением. За зиму в узлах кущения озимой пшеницы на кислой почве количество сахаров уменьшилось на 15,81% и на окультуренной — на 10,33%, а в листьях соответственно на 22,27 и 13,97%. В зиму 1960/61 г. содержание сахаров в растениях понизилось на кислой почве без удобрений на 34%, а на почве, получившей известь и полное минеральное удобрение, — на 21%.

Таким образом, зимостойкость растений определяется не запасом сахаров перед уходом в зиму, а в большей мере интенсивностью их расходования в процессе зимовки.

Таблица 74

Содержание сахаров в растениях озимой ржи в течение зимы 1957/58 г. в зависимости от свойств почвы и удобрений (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	Орган растения	7 октября	25 ноября	25 декабря	29 января	15 апреля	Уменьшилось сахаров за зиму	Сохранилось растений при перезимовке
Кислая почва (без удобрения) То же + N	Листья	24,0	32,0	13,3	8,8	—	23,2	14,0
	Узлы кушения	19,5	31,0	24,2	19,3	19,2	11,8	
	Листья	21,0	24,4	22,2	13,0	—	11,4	
» » + NK	Узлы кушения	23,5	27,4	—	22,2	14,8	12,6	27,8
	Листья	21,3	22,6	19,8	14,9	—	7,7	
	Узлы кушения	20,7	29,8	18,9	19,2	12,5	17,3	
» » + NPK	Листья	19,3	23,6	18,9	18,2	—	5,4	50,0
	Узлы кушения	21,0	29,8	20,9	23,2	17,8	12,0	
	Листья	22,4	24,7	17,8	19,0	—	5,7	
Окультуренная почва + NPK	Узлы кушения	25,0	31,3	21,4	23,0	14,7	16,6	94,4
	Листья	22,4	24,7	17,8	19,0	—	5,7	
	Узлы кушения	25,0	31,3	21,4	23,0	14,7	16,6	

Таблица 75

Содержание сахаров в узлах кушения озимой ржи в течение зимы 1959/60 г. в зависимости от свойств почвы и удобрений (в % на сухое вещество). Снеговой покров 10 см

Вариант опыта	5 октября	9 ноября	14 декабря	15 февраля	28 марта	Уменьшилось сахаров за зиму (в %)*	Абсолютная убыль (в %)
Кислая почва (без удобрения)	40,3	43,3	45,7	34,1	31,9	26,3	11,4
То же + PK	45,3	44,4	33,9	44,1	30,8	30,6	13,6
» » + NK	39,0	39,2	21,8	28,3	23,7	39,6	15,5
» » + NK + Al	39,2	43,3	16,5	31,3	26,2	39,5	17,1
» » + NPK	27,7	36,3	35,1	28,3	28,0	22,9	8,3
» » + NPK + CaCO ₃	28,6	34,1	33,4	25,1	28,5	16,4	5,6

* За 100% принято содержание сахаров 9 ноября.

Особенно ярким доказательством этого положения служат данные опытов с озимой рожью (табл. 74, 75).

Свойства почвы и удобрения оказали сильное влияние на зимостойкость растений. На кислой почве без удобрений сохранилось всего 14% растений, в то время как на той же почве с полным удобрением — 94,4%, а на окультуренной почве — 100%. Цифры еще раз показывают, что связи между зимостойкостью растений и запасом сахаров в них перед уходом в зиму нет.

От свойств почвы и удобрений в значительной степени зависит интенсивность использования сахаров в процессе зимовки. Так, на кислой почве без удобрений в листьях к концу зимы сохранилось сахаров всего 8,8% от 32%, а при полном удобрении 18,2% от 23,6%. На хорошо окультуренной почве листья растений перед уходом в зиму содержали 24,7% сахаров, а к концу зимы — 19%. Аналогичная картина наблюдалась и в узлах кушения.

За зиму 1959/60 г. в условиях, способствующих гибели растений (варианты с НК, НК + Al), израсходовано около 40% всех запасов сахаров, в то время как на окультуренной почве и при внесении NPK, обеспечивающих зимостойкость, — 16,4—22,9%.

Результаты опытов показывают, что при неблагоприятных почвенных условиях, способствующих гибели растений, сахара в процессе зимовки используются значительно интенсивнее, чем при благоприятных почвенных условиях. Напротив, свойства почвы, повышающие зимостойкость растений, способствуют экономному расходованию сахаров.

Наряду с общим содержанием сахаров мы изучали динамику сахарозы и редуцирующих сахаров. Результаты опытов изложены в таблице 76.

За зиму наибольшая убыль сахарозы в растениях происходит на кислой почве без удобрений и при внесении азота, калия и алюминия. Наименьшая трата сахарозы наблюдается на хорошо окультуренной и на известкованной почве с полным минеральным удобрением.

Осенью в процессе закаливания растений количество сахаров увеличилось и достигло максимума в ноябре. Затем углеводы расходуются довольно интенсивно, и в первую очередь сахароза.

Таблица 76

Содержание сахарозы в растениях озимой пшеницы в течение зимы 1958/59 г. в зависимости от свойств почвы и удобрения (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	Листья			Уменьшилось за зиму	Узел кущения		Уменьшилось за зиму
	11 нояб. ря	22 декаб. ря	2 марта		22 декаб. ря	2 марта	
Кислая почва (без удобрения)	25,36	16,11	6,39	18,97	28,47	13,07	15,40
То же + NK	21,91	15,29	6,83	15,08	22,50	14,02	8,48
» » + NPK	15,12	12,50	3,04	12,08	16,42	5,31	11,11
» » + NK + Al	26,43	16,64	7,42	19,01	31,73	14,75	16,98
» » + NK + Mn	18,08	14,75	3,60	14,48	21,39	4,94	16,45
» » + NPK + CaCO ₃	12,46	10,41	1,52	10,94	15,10	3,02	12,08
Окультуренная почва + NPK	11,60	5,11	0,66	10,94	8,68	1,32	7,36

Наряду с содержанием суммы сахаров и сахарозы мы изучали динамику редуцирующих сахаров (табл. 77 и 78).

Таблица 77

Содержание моносахаридов в узлах кущения озимой ржи в зиму 1959/60 г. в зависимости от свойств почвы и удобрения (в % на сухое вещество) Снеговой покров 10 см

Вариант опыта	5 октября	9 ноября	14 декабря	15 февраля	28 марта
Кислая почва (без удобрения)	6,10	5,8	7,1	5,9	6,4
То же + PK	4,7	7,2	8,7	8,3	7,3
» » + NK	5,0	7,5	12,4	12,2	6,0
» » + NK + Al	4,0	7,2	8,65	4,4	5,4
» » + NK + Mn	4,3	5,5	7,6	2,55	5,3
» » + NPK	4,7	6,5	10,15	11,1	9,0
» » + NPK + CaCO ₃	4,76	7,5	11,3	8,4	6,8

Таблица 78

Содержание моносахаридов в растениях озимой ржи зимой 1959/60 г. в зависимости от свойств почвы и удобрения (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	Органы растения	25 ноября	15 апреля *	Прибавка или убыль (в %)
Кислая почва (без удобрений)	Листья	3,0	1,35	—1,65
То же + N . . .	Узел кушения	4,1	5,4	+1,3
	Листья	5,8	3,4	—2,4
	Узел кушения	4,0	5,3	+1,3
» » + NK . . .	Листья	6,1	3,2	—2,9
	Узел кушения	4,6	5,0	+0,4
» » + NPK . . .	Листья	6,6	4,6	—2,0
	Узел кушения	4,8	7,6	+2,8
Окультуренная почва + NPK . .	Листья	6,5	5,8	—0,7
	Узел кушения	6,5	5,6	—1,0

* Анализ листьев проведен 28 января.

Содержание моносахаридов в узлах кушения озимой ржи к концу зимы находится на довольно высоком уровне. При этом количество их в листьях к концу января уменьшилось, а в узлах кушения увеличилось.

К концу зимы меньше всего моносахаридов было в растениях, выращенных на кислой почве без удобрений, с N, NK, NK + Al, NK + Mn, то есть в таких почвенных условиях, которые способствуют гибели ржи, а наибольшее количество — в растениях с вариантами, повышающих их зимостойкость (NPK, окультуренная почва + NPK).

Свойства почвы и удобрения существенно влияют и на соотношение между содержанием редуцирующих сахаров и сахарозой (табл. 79).

В растениях, выросших при благоприятных почвенных условиях (на кислой почве с NPK, NPK + CaCO₃ и на окультуренной почве), удельный вес моносахаридов значительно выше, чем в растениях, находящихся в неблагоприятных почвенных условиях. Так, в ноябре соотношение между количеством редуцирующих сахаров и

Таблица 79

Соотношение между содержанием моносахаридов и сахарозы в растениях озимой пшеницы (зима 1958/59 г.)

Вариант опыта	Листья			Узел кущения	
	11 ноября	28 декабря	2 марта	22 декабря	2 марта
Кислая почва (без удобрения) . . .	0,29	0,41	0,97	0,22	0,50
То же + NK . . .	0,36	0,38	0,67	0,21	0,40
» » + PK . . .	0,44	0,30	0,88	0,18	0,69
» » + NPK . . .	0,42	0,51	1,44	0,35	0,83
» » + NK + Al . . .	0,22	0,36	0,62	0,09	0,35
» » + NPK + + CaCO ₃ . . .	0,72	0,63	1,84	0,24	0,66
Окультуренная почва + NPK . . .	0,80	1,21	1,21	0,41	0,76

сахарозой в растениях на почве с NPK + CaCO₃ равнялось 0,72, на кислой почве без удобрений — 0,29 и на почве, получившей NK + Al, — 0,22.

Удельный вес редуцирующих сахаров повышается под влиянием фосфорных удобрений на фоне азотно-калийных и под влиянием азотных удобрений — на фоне фосфорно-калийных. Внесение в почву алюминия снижает долю моносахаридов в общем количестве сахаров.

Таким образом, при почвенных условиях, увеличивающих зимостойкость растений, доля моносахаридов в общей сумме сахаров выше, чем в растениях, выросших при неблагоприятных почвенных условиях.

Расходование сахаров озимыми культурами в процессе зимовки зависит и от высоты снегового покрова. Результаты изучения этого вопроса изложены в таблицах 80 и 81.

Общее количество сахаров под слоем снега 100 см за все время наблюдения было значительно меньше, чем под слоем снега 10 см. Объясняется это тем, что в первом случае температура в зоне узла кущения колебалась от 0 до —2°, а во втором она опускалась до —10°. Вследствие этого под большим покровом снега сахара использовались на дыхание интенсивнее, чем под слоем снега 10 см. Следует отметить, что в растениях с вари-

Таблица 80

Влияние высоты снегового покрова на содержание суммы сахаров в узлах кушения озимой пшеницы зимой 1960/61 г.
(в % на сухое вещество)

Вариант опыта	Февраль		Март		Апрель	
	100 см	10 см	100 см	10 см	100 см	10 см
Кислая почва (без удобрения)	15,5	24,1	15,0	17,2	7,7	15,1
То же + РК	16,3	23,8	11,1	17,9	5,6	12,7
» » + НК	17,0	24,6	9,5	18,2	7,1	11,5
» » + НК + Al	11,5	31,1	11,7	16,3	7,1	18,7
» » + NPK	9,2	13,1	11,9	12,7	6,0	7,2
» » + NPK + CaCO ₃	9,6	15,7	8,3	10,4	5,5	8,0

Таблица 81

Влияние высоты снегового покрова на содержание суммы сахаров в узлах кушения озимой ржи в зиму 1958/59 г.
(в % на сухое вещество)

Вариант опыта	3 декабря	23 марта			Уменьшилось сахаров за зиму		
		10 см	30 см	100 см	10 см	30 см	100 см
Кислая почва (без удобрения)	—	33,7	14,8	6,5	—	15,2	13,5
То же + НК	40,2	27,9	16,8	10,0	12,3	23,4	30,2
» » + НК + Al	37,6	24,1	16,1	7,0	13,5	21,5	30,6
» » + NPK	33,8	22,4	15,5	6,8	11,4	18,3	27,0
» » + NPK + CaCO ₃	38,6	28,1	15,6	9,4	10,5	23,0	29,2
Окультуренная почва + NPK	31,0	23,9	16,6	6,4	7,1	14,4	24,6

антов, повышающих их зимостойкость (NPK, NPK + CaCO₃), сахаров было, как правило, меньше, чем в растениях, выросших в неблагоприятных почвенных условиях (на кислой почве без удобрения, НК и НК + Al).

От высоты снегового покрова зависит содержание моносахаридов в зимующих растениях. Результаты нашего изучения этой зависимости изложены в таблицах 82 и 83.

Таблица 82

Влияние высоты снегового покрова на содержание моносахаридов в узлах кушения озимой ржи зимой 1958/59 г.
(в % на сухое вещество)

Вариант опыта	27 октября	23 марта		
		10 см	30 см	100 см
Кислая почва (без удобрений)	7,8	9,6	4,9	5,7
То же + NK	9,2	10,5	7,1	4,6
» » + NK + Al	8,6	10,0	5,4	3,2
» » + NK + Мп	9,1	6,9	4,2	2,4
» » + NPK	11,5	8,2	4,4	2,6
» » + NPK + CaCO ₃	10,7	10,6	5,2	4,2
Окультуренная почва + NPK	9,0	9,2	5,9	2,2

Таблица 83

Влияние высоты снегового покрова на содержание моносахаридов в узлах кушения озимой ржи зимой 1959/60 г.
(в % на сухое вещество)

Вариант опыта	9 ноября	28 марта		
		10 см	30 см	100 см
Кислая почва (без удобрения)	5,8	6,4	—	—
То же + PK	7,2	7,3	11,4	6,7
» » + NK	7,5	6,0	9,5	2,3
» » + NK + Al	7,2	5,4	8,1	—
» » + NPK	6,5	9,0	7,6	6,2
» » + NPK + CaCO ₃	7,5	6,8	8,6	6,1

Высота снегового покрова оказывает большое влияние на содержание моносахаридов в узлах кушения озимой ржи: чем меньше покров снега и чем ниже температура, тем больше моносахаридов, и наоборот.

В зиму 1959/60 г. содержание моносахаридов в конце ее под слоем снега 100 см было, как правило, ниже, чем под слоем в 10 см. Однако в благоприятную зиму 1959/60 г. разница в количестве моносахаридов была значительно меньше, чем в предыдущую зиму.

Зимой 1958/59 г. при снеговом покрове 10 см в узлах кущения озимой ржи в конце зимы накапливалось моносахаридов примерно столько, сколько их было осенью, между тем как под снегом слоем 100 см содержание моносахаридов уменьшилось в 2—4 раза.

Вполне понятно, что это связано с дыханием и другими физиологическими процессами в растениях, интенсивность которых под слоем снега 100 см значительно выше, чем под слоем снега 10 см.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЙ И УСЛОВИЙ ЗИМОВКИ НА АКТИВНОСТЬ ИНВЕРТАЗЫ В ОЗИМЫХ РАСТЕНИЯХ

Б. А. Рубин (1939, 1949), Н. М. Сисакян (1939, 1945), С. А. Каспарова (1948) и другие исследователи справедливо считают, что зимостойкость растений находится в тесной зависимости от направленности биохимических процессов в растениях, от гидролитической и синтетической активности ферментов.

Активность ферментов зависит от внешних факторов. Среди них особенно важное значение имеют температура и реакция среды. Для каждого фермента есть оптимальная температура и оптимальный интервал pH. При минимальных и максимальных значениях этих показателей фермент теряет свою активность.

Кроме того, действие ферментов зависит также от специфических активаторов и ингибиторов (парализаторов). Действие многих ферментов активируется в присутствии сульфогидрильных соединений, содержащих группу SH.

Ингибирование (угнетение) активности ферментов происходит под влиянием веществ, образующих с белками нерастворимые осадки. Таковы соли тяжелых металлов — свинца, ртути, вольфрама. Ими можно осадить любой фермент и прекратить его действие.

Существуют ингибиторы специфического действия. Так, синильная кислота является специфическим ингибитором некоторых окислительных ферментов, в активной группе которых имеется железо или медь. Вступая в химические соединения с этими металлами, синильная кислота блокирует активную группу, вследствие чего фермент теряет свою активность.

Питательные вещества, поступающие в растения из почвы и удобрений, несомненно влияют на активность ферментов. Н. М. Сисакян и Б. А. Рубин (1939) установили, что введение в лист яблони хлористого калия увеличивает синтетическую активность сахаразы и уменьшает ее гидролитическую активность. Соли хлористого натрия и кальция действуют в обратном направлении, то есть увеличивают гидролитическую активность сахаразы.

По данным Н. М. Сисакяна (1939), соли калия активизируют процессы ферментативного синтеза в живой растительной клетке, а соли натрия и кальция, наоборот, ингибируют их. Медь, железо, цинк, марганец, магний и кобальт или входят в состав ферментов, или оказывают влияние на их активность. Исключительно большую роль в углеводном обмене играет фосфор.

Данных о влиянии свойств почв, удобрений и условий зимовки на активность ферментов в зимующих растениях в литературе очень мало. Результаты наших исследований приведены в таблицах 84 и 85.

Таблица 84

Влияние свойств почвы и удобрения на активность инвертазы в растениях озимой ржи (зима 1958/59 г.) (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)

Вариант опыта	7 октября	25 ноября	25 декабря	29 января	24 марта
---------------	-----------	-----------	------------	-----------	----------

Листья

Кислая почва (без удобрения)	1464	1043	2934	—	—
То же + N	1557	1625	2217	—	—
» » + NK	1910	1310	3278	—	—
» » + NPK	2893	2083	—	—	—

Узлы кущения

Кислая почва (без удобрения)	—	2090	2682	2548	3628
То же + N	—	2125	2659	1929	2237
» » + NK	—	2193	2682	2612	2726
» » + NPK	—	2112	3052	2500	1464
Окультуренная почва + NPK	—	2190	2950	—	1451

Таблица 85

Влияние свойств почвы и удобрения на активность инвертазы в растениях озимой пшеницы (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)

Вариант опыта	1959 г.				1960 г.		
	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	февраль	март	май

Узлы кущения

Без удобрения . . .	1500	1473	1666	2589	2977	2301	3500
То же + NK	1641	1793	1521	2156	2812	2025	2937
» » + PK	1500	1731	1509	2812	2585	2201	2843
» » + NPK	1786	2292	1690	3450	3046	2625	3916
» » + NPK + + CaCO ₃	1969	2058	2281	2812	2625	2589	2425

Листья

Кислая почва (без удобрения)	1458	1650	1551	2411	2364	2100	2500
То же + NK	1630	1956	1675	2812	2100	2471	2615
» » + PK	1467	1790	1675	2687	2187	2100	2791
» » + NPK	1781	2156	1903	3300	3281	2625	3916
» » + NPK + + CaCO ₃	1969	2156	2187	2687	2625	2301	2843

Таблица 86

Активность инвертазы в растениях озимой пшеницы в зависимости от высоты снегового покрова (зима 1960/61 г.)
(в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)

Вариант опыта	Узел кущения		Корни	
	100 см	10 см	100 см	10 см
Кислая почва (без удобрения)	3009	1880	680	345
То же + PK	3501	1512	1102	669
» » + NK	3604	1893	987	729
» » + NPK	4546	2313	1789	767
» » + NPK + CaCO ₃	3849	2310	1239	662

Активность инвертазы в узлах кущения озимой ржи в зависимости от высоты снегового покрова (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)

Вариант опыта	1959 г.				1960 г.				1961 г.	
	9 февраля		23 марта		10 февраля		28 марта		20 февраля	
	10 см	100 см	10 см	100 см	10 см	100 см	10 см	100 см	10 см	30 см
Кислая почва (без удобрения) . . .	3462	3521	4571	4973	—	—	3160	6878	—	—
То же + NK . . .	4045	4528	5803	6419	5481	6044	4640	7231	4341	7125
» » + NPK . . .	3867	4740	5378	5837	—	—	4400	6749	3880	6150
» » + NPK + + CaCO ₃	4218	4728	5528	5860	—	—	—	—	—	—
Окультуренная почва + NPK . .	4005	4560	5922	6514	—	—	—	—	—	—

Результаты наших исследований позволяют установить следующую закономерность: чем больше высота снегового покрова, тем выше температура и тем активнее действует инвертаза. Активность фермента под слоем снега 100 см была примерно в 2 раза выше, чем под слоем снега 10 см.

Активность инвертазы в корнях изменялась в том же направлении, что и в узлах кущения, то есть под слоем снега 100 см она была значительно выше, чем под снегом высотой 10 см.

Следует отметить, что активность фермента в корнях хотя и довольно высокая, но значительно ниже по сравнению с ее активностью в узлах кущения и в листьях.

Свойства почвы и удобрения влияют на активность инвертазы, независимо от высоты снегового покрова. Например, полное минеральное удобрение повышает активность фермента в растениях, находящихся под слоем снега 10 и 100 см.

Под большим покровом снега растения дышат интенсивно. Инвертаза, обладая высокой гидролитической активностью, расщепляет сахарозу и поставляет растениям энергетический материал для дыхания. Но интен-

сивное дыхание и высокая активность инвертазы под большим покровом снега истощают растения и являются основной причиной их гибели от выпревания. Чтобы предотвратить это, нужно не допускать излишнего скопления снега на посевах озимых.

Активность инвертазы существенно изменяется не только в течение вегетационного периода и зимой, но и в течение суток. Мы определяли активность инвертазы в узлах кущения и листьях озимой пшеницы в 9, 13 и 16 часов и на следующие сутки снова в 9 часов. Опыт проводили 12—13 сентября 1960 г. Результаты исследования изложены в таблице 88.

Таблица 88

Активность инвертазы (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества) и содержание сахаров (в %) в листьях озимой пшеницы

Вариант опыта		9 час.	13 час.	16 час.
Кислая почва (без удобрения)	Инвертаза	1240	1770	1983
	Сахара	13,58	17,97	20,78
То же + NPK . .	Инвертаза	1011	1610	2105
	Сахара	7,20	14,37	15,58
» » + NPK + + CaCO ₃	Инвертаза	1266	1960	2246
	Сахара	9,39	14,79	17,19

Активность инвертазы в течение суток резко меняется. Наименьшей активностью фермент обладает в 9 часов, а наибольшей — в 16 часов. При этом активность в 16 часов была примерно в 2 раза выше, чем в 9 часов.

Такое возрастание активности инвертазы в течение дня происходит и в листьях и в узлах кущения. На следующее утро действие инвертазы снова значительно понизилось.

Из таблицы 88 видно, что между активностью инвертазы и суммой сахаров в листьях озимой пшеницы имеется довольно тесная зависимость. Наряду с повышением содержания сахаров в листьях увеличивается активность инвертазы.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЙ И УСЛОВИЙ ЗИМОВКИ НА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В РАСТЕНИЯХ

В жизни растения, как и в жизни любого организма, огромную роль играют окислительно-восстановительные процессы, которые протекают в тесной зависимости от активности ферментов — каталазы и пероксидазы.

При дыхании в растениях образуется перекись водорода, которая ядовита для них. Каталаза разлагает перекись водорода на воду и молекулярный кислород ($2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$). Окисление органических соединений протекает под воздействием пероксидазы, которая осуществляет эту реакцию с помощью перекиси водорода или органических перекисей. Есть основание предполагать, что от активности этих ферментов зависит и зимостойкость растений.

Мы исследовали активность каталазы в растениях озимой пшеницы в зависимости от свойств почвы и удобрения. Результаты опыта изложены в таблице 89.

Таблица 89

Влияние удобрений на активность каталазы в растениях озимой пшеницы (зима 1957/58 г.)

Вариант опыта	Активность каталазы (объем кислорода в куб. см, выделен- ного за 3 минуты)
Кислая почва (без удобрения)	31
То же + НК	23,5
» » + РК	22,0
» » + НРК	46,0
» » + НК + Al	16,8
» » + НК + Mn	17,1
» » + НРК + Al	35,0
» » + НРК + Mn	39,9
» » + CaCO_3	31,6
» » + НРК + CaCO_3	46,2

Из данных таблицы видно, что удобрения оказывают большое влияние на активность каталазы. Наибольшая активность этого фермента в растениях наблюдалась при внесении полного минерального удобрения. Азот на

фоне фосфора и калия и фосфор на фоне азота и калия резко повышают действие каталазы.

Известкование кислой почвы существенного влияния на активность каталазы не оказало. Повышенное содержание в почве подвижных форм алюминия снижает ее активность. Возможно, это объясняется тем, что алюминий, проникая в клетки растений, коагулирует некоторую часть фермента.

Таким образом, наши исследования показывают, что активность каталазы в растениях с вариантов, уменьшающих их зимостойкость (кислая почва с повышенным содержанием алюминия, азотно-калийные удобрения на кислой почве), резко снижается. Возможно, это приводит к тому, что перекись водорода, выделяющаяся при дыхании растений, не полностью восстанавливается каталазой, а это отравляет растения и нарушает обмен веществ. Вследствие этого и понижается зимостойкость растений.

На окультуренной почве и при внесении полного минерального удобрения активность каталазы и зимостойкость растений выше, чем на кислой неудобренной почве с большим количеством подвижных форм алюминия и марганца.

В 1959/60 г. мы изучали активность каталазы в узлах кушения и листьях озимой пшеницы с октября по май (табл. 90).

Фосфорные и азотные удобрения повышают активность каталазы в листьях и узлах кушения озимой пшеницы осенью и зимой.

В зимние месяцы в связи с понижением температуры активность каталазы уменьшается, особенно в листьях. В марте в связи с повышением температуры и началом оживления растений активность фермента резко возрастает. В мае, когда растения интенсивно растут, активность каталазы в листьях остается высокой, а в узлах кушения значительно снижается.

Это указывает на то, что весной интенсивность жизненных процессов в узлах кушения уменьшается, а в надземных органах — возрастает. Опыты с озимой рожью также показали, что почвенные условия, способствующие гибели растений (азотные удобрения, подвижные формы алюминия и др.), понижают активность каталазы, а почвенные условия, увеличивающие зимостойкость

Активность каталазы в растениях озимой пшеницы зимой 1959/60 г.
(объем выделенного кислорода в куб. см за 3 минуты)

Вариант опыта	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Февраль	Март	Май
---------------	---------	--------	---------	---------	------	-----

Узлы кущения

Кислая почва (без удобрения)	21,0	26,5	27,4	24,2	27,2	16,6
То же + НК	18,5	25,0	19,1	20,8	30,9	15,4
» » + РК	16,1	23,2	21,8	23,2	27,7	15,5
» » + НРК	23,5	33,6	29,7	30,3	30,7	15,2
» » + НРК + CaCO ₃ . .	25,1	31,3	30,2	29,2	33,5	17,2

Листья

Кислая почва (без удобрения)	21,5	23,2	24,3	18,7	30,7	31,0
То же + НК	24,2	21,8	15,8	17,4	30,6	29,2
» » + РК	18,7	23,8	13,2	—	33,0	40,3
» » + НРК	35,4	36,1	23,2	22,9	37,7	38,0
» » + НРК + CaCO ₃ . .	31,7	40,0	23,9	21,5	36,4	37,8

растений (фосфорные удобрения, известкование и др.), повышают ее активность.

Свойства почвы и удобрения оказывают существенное влияние и на активность пероксидазы. Результаты наших исследований изложены в таблице 91.

Активность пероксидазы в растениях с вариантов, способствующих понижению их зимостойкости (кислая почва без удобрений, НК, НК + Al, НК + Mn), была значительно выше, чем в растениях с вариантов, повышающих ее. При внесении азота активность пероксидазы возрастает, а при удобрении фосфором и калием — понижается. Известно, как показали опыты 1957/58 г., также понижает активность фермента.

Активность пероксидазы в растениях озимой ржи существенно изменяется во времени. Так, в опытах 1958 г. активность фермента в листьях озимой ржи 18 сентября составила 42 условных единицы плотности по Бояркину, а 3 декабря поднялась до 297 единиц. Такое явление наблюдалось в листьях и узлах кущения

Таблица 91

Активность пероксидазы в растениях озимой ржи
(в условных единицах плотности по Бояркину)

Вариант опыта	5 ок- тября		9 но- ября		26 октября			15 де- кабря		20 февраля		
	листья	узлы кущения	листья	узлы кущения	листья	узлы кущения	корни	узлы кущения	корни	листья	узлы кущения	корни
Кислая почва (без удоб- рения)	34	97	84	360	208	347	134	152	65	161	150	133
То же + PK	26	75	73	169	167	328	—	130	—	150	119	—
» » + NK	97	143	121	382	407	490	—	233	—	160	195	—
» » + NK + Al	35	143	137	324	416	462	—	194	—	181	326	—
» » + NK + Mn	43	135	113	297	—	—	—	—	—	—	—	—
» » + NPK	48	109	141	266	269	416	167	152	109	101	163	—
» » + NPK + CaCO ₃	38	79	159	253	273	462	190	175	125	104	158	—

во все годы опытов. Это объясняется понижением температу-
ры: +11—14° в сентябре и —17,8° в декабре.

Существенное влияние на активность пероксидазы
оказывают условия зимовки и, в частности, высота сне-
гового покрова (табл. 92).

Таблица 92

**Активность пероксидазы в зависимости от высоты снегового
покрова** (в условных единицах плотности по Бояркину на 1 г
сырого вещества)

Вариант опыта	Узлы кущения		Корни	
	100 см	10 см	100 см	10 см
Кислая почва (без удобре- ния)	6,19	9,32	5,68	13,46
То же + PK	6,39	7,38	4,66	9,54
» » + NK	7,85	10,47	5,80	11,82
» » + NK + Al	8,83	12,89	7,24	12,59
» » + NPK	9,70	10,69	6,13	10,98
» » + NPK + CaCO ₃	7,27	13,08	9,34	18,65

Активность пероксидазы под слоем снега 10 см во все годы и во всех вариантах опыта была выше, чем ее активность под слоем снега 100 см. Аналогичные результаты получены и в опытах с рожью. Следовательно, понижение температуры увеличивает активность пероксидазы, но понижает активность инвертазы. Действие пероксидазы неодинаково в разных органах растений озимой ржи: наибольшая активность фермента отмечена в узлах кущения, наименьшая — в корнях.

Активность пероксидазы и инвертазы зависит также и от вымокания растений (табл. 93).

Таблица 93

Влияние вымокания на активность ферментов в листьях озимой ржи (опыт 1961 г.)

Вариант опыта	Пероксидаза (в условных единицах плотности по Бояркину)		Инвертаза (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)	
	вымока- ние	опти- мальное увлаж- нение	вымока- ние	опти- мальное увлаж- нение
Кислая почва (без удобрения)	73	240	2298	2008
То же + РК	20	214	2305	2058
» » + НК	31	175	2741	2104
» » + НК + Al	59	197	4236	1782
» » + NPK	30	220	—	—
» » + NPK + CaCO ₃ . . .	37	215	2755	2564

Растения находились в условиях вымокания в течение 20 дней — с 13 апреля по 2 мая. Анализ их проведен через 14 дней после окончания вымокания. Как показывают данные таблицы, активность пероксидазы в листьях озимой ржи, подвергавшихся вымоканию, во много раз ниже, чем в растениях, находившихся при оптимальном увлажнении. Активность инвертазы изменяется в обратном направлении. В опытах с озимой пшеницей гидролитическая активность инвертазы после вымокания оказалась несколько ниже, чем при оптимальных условиях. Причина разной реакции ржи и озимой пшеницы на вымокание пока не ясна.

Почвенные условия и температура значительно влияют на соотношение активности каталазы и пероксидазы. Экспериментальные данные по этому вопросу изложены в таблице 94.

Таблица 94

Соотношение между активностью каталазы и пероксидазы в узлах кушения озимой ржи (опыт 1958 г.)

Вариант опыта	Каталаза		Пероксидаза	
	3 ноября	2 декабря	3 ноября	2 декабря
Кислая почва (без удобрений)	66,7	3,0	162	694
То же + NK	46,7	2,3	243	1068
» » + NK + Al	40,0	3,0	486	730
» » + NPK	53,3	1,7	162	693
» » + NPK + CaCO ₃	66,0	2,7	194	595

В декабре вместе с понижением температуры активность каталазы упала в десятки раз, а активность пероксидазы, наоборот, в несколько раз возросла. При этом наивысшая активность пероксидазы была при плохих почвенных условиях. Все это свидетельствует о том, что почвенные и температурные условия оказывают существенное влияние на соотношение окислительных и восстановительных процессов в растениях. При плохих почвенных условиях и при низких температурах окислительные процессы преобладают над восстановительными.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ АЗОТИСТЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ В ПРОЦЕССЕ ЗИМОВКИ

Обмен азотистых веществ в растениях во время зимовки изучен крайне слабо. В современных учебниках по физиологии растений об этом нет даже упоминания.

В некоторых исследованиях за последние годы установлено, что в процессе зимовки количество белкового азота в растениях уменьшается, а небелкового возрастает. Переход белковых форм азота в небелковые

предохраняет белки от денатурации при низких температурах.

Влияние свойств почв и удобрений на динамику азотистых веществ и их использование растениями зимой, насколько нам известно, до сих пор не изучалось. Мы провели такое исследование с озимой рожью, озимой пшеницей, клевером и люцерной. Результаты опыта с озимой рожью изложены в таблицах 95 и 96.

Т а б л и ц а 95

Влияние свойств почвы и удобрений на содержание азотистых веществ в узлах кущения озимой ржи зимой 1957/58 г.
(в % на сухое вещество)

Вариант опыта	Азот	25 ноября	25 декабря	29 января	24 марта	15 апреля	Прибавка или убыль белкового азота в конце зимы по сравнению с осенью (в %)
Кислая почва (без удобрения) . .	Белковый	2,2	1,7	1,9	4,1	3,6	+1,4
	Небелковый	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	+0,1
То же + N . . .	Белковый	3,6	3,2	2,7	4,8	2,9	-0,7
	Небелковый	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,0
» » + NK . . .	Белковый	2,6	2,8	2,4	3,3	2,8	+0,2
	Небелковый	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,0
» » + NPK . .	Белковый	3,7	3,2	2,1	2,2	2,5	-1,2
	Небелковый	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,0
Окультуренная почва + NPK	Белковый	4,5	2,7	1,8	—	2,0	-2,5
	Небелковый	0,2	0,3	0,3	—	0,3	+0,1

Осенью, как этого и следовало ожидать, общего и белкового азота было больше в растениях при внесении полного удобрения. К концу зимы в растениях на кислой почве без удобрений и на кислой почве с азотом и калием содержание общего и белкового азота, как правило, повышалось, а в растениях по полному удобрению, что увеличивает зимостойкость, — понижалось. Аналогичное явление наблюдалось в опытах с озимой пшеницей.

Влияние свойств почвы и удобрений на содержание белкового и небелкового азота в листьях озимой ржи зимой 1957/58 г.
(в % на сухое вещество)

Вариант опыта	Азот	25 ноября	29 января	Прибавка или убыль в конце января по срав- нению с осенью
Кислая почва (без удобрения) . .	Белковый	2,9	3,2	+0,3
	Небелковый	0,1	0,3	+0,2
То же + N . . .	Белковый	3,6	3,8	+0,2
	Небелковый	0,3	0,3	0,0
» » + NK . . .	Белковый	4,7	3,9	-0,8
	Небелковый	0,2	0,2	0,0
» » + NPK	Белковый	4,8	2,9	-1,9
	Небелковый	0,2	0,3	+0,1

Таким образом, опыты показали, что свойства почвы и удобрений оказывают существенное влияние на использование в процессе зимовки углеводов и азотистых веществ.

Чем же можно объяснить это явление?

Увеличение азотистых веществ в растениях с вариантов, способствующих их гибели, зависит от интенсивной траты сахаров, вследствие чего содержание азотистых веществ в сухом веществе возрастает. Ясно, что использование азотистых веществ в растениях с этих вариантов отстает от потребления безазотистых веществ. Напротив, в вариантах, повышающих зимостойкость, растения расходуют азотистые вещества быстрее, чем безазотистые.

В настоящее время доказано, что на дыхание растений используются не только углеводы, но и белки. Опыты А. П. Пантелеева показали, что растительные организмы на дыхание также расходуют и белковые вещества в виде соответствующих продуктов их распада. При этом потребление на дыхание вторичных субстратов происходит и при содержании в растениях углеводов.

Следовательно, можно полагать, что при благоприятных почвенных условиях и полном минеральном удобрении растения используют белковые вещества на дыхание; на кислой почве этот процесс протекает значительно слабее.

Растения озимой пшеницы и озимой ржи, выращенные при внесении полного минерального удобрения, во время перезимовки образуют и используют азотистые вещества более интенсивно, чем растения, выросшие в неблагоприятных почвенных условиях. Между тем растения на почвах, понижающих их зимостойкость, значительно интенсивнее потребляют углеводы. Таким образом, в благоприятных условиях растения экономнее используют углеводы и полнее — белковые вещества.

Мероприятия, предохраняющие озимые от гибели. Изложенные исследования позволяют рекомендовать мероприятия по борьбе с гибелью озимых культур в зоне дерново-подзолистых почв и по резкому повышению их урожайности.

Основные из этих мероприятий направлены на то, чтобы слабокультуренные кислые дерново-подзолистые почвы превратить в хорошо окультуренные земли. Для этого используют приемы, известные агрономической науке: органические удобрения (навоз, всевозможные компосты, зеленые удобрения), посев клевера, фосфорные и другие минеральные удобрения, правильную агротехнику.

Для ликвидации излишней кислотности, являющейся одной из главных причин гибели озимых культур, кислые почвы необходимо известковать.

При решении вопроса об известковании нужно учитывать не только кислотность почв и биологические особенности растений, но и содержание в почве подвижного алюминия и степень ее увлажнения. Это необходимо для правильного установления очередности известкования полей и доз извести. В первую очередь нужно известковать почвы с повышенным содержанием подвижного алюминия и избыточно увлажненные. Кроме того, почвы с повышенным содержанием алюминия в подвижной форме требуют более высоких доз извести, так как малые дозы извести в этих случаях не могут снизить содержание подвижного алюминия до безвредного минимума. Для регулирования подвижных алюминия и мар-

ганца в почве нужна система мер, среди которых перво-степенное значение имеют известкование и приемы окультуривания. Систематическое применение аммиачных форм азота, в том числе и жидких азотных удобрений, повышает количество подвижных алюминия и марганца в почве. Поэтому аммиачные формы азота следует применять на известкованных и не сильно кислых почвах. На кислых почвах эффективнее действуют нитратные формы азота и цианамид кальция. При этом азотные удобрения осенью нужно вносить в умеренных количествах, а основную их часть следует применять ранней весной, в подкормку.

Для борьбы с гибелью озимых в зоне дерново-подзолистых почв перво-степенное значение имеет применение фосфорных удобрений — суперфосфата, фосфатшлаков, фосфоритной муки. Особое внимание нужно уделить внесению суперфосфата в рядки при посеве. Припосевное применение суперфосфата на всей площади посева озимых культур — неотложная задача нашего земледелия.

Для этого предпочтительно использовать гранулированный суперфосфат, который можно вносить и некомпбинированными сеялками. Гранулированный суперфосфат содержит меньше свободной кислоты, чем порошковый, а это имеет большое значение. Наши опыты показали, что прибавка урожая при внесении в рядки суперфосфата со свободной кислотностью 1—2% в 2 раза выше, чем при внесении суперфосфата с содержанием свободной кислоты 5—6%.

Избыточная влажность почвы в осенне-зимний период резко снижает стойкость и урожай озимых культур. При этом отрицательное влияние на растения оказывает избыточное количество подвижного марганца, что зависит от кислотности почвы, ее влажности и аэрации. Известкование, устраняя избыточную кислотность, уменьшает содержание марганца в подвижной форме, но не устраняет избыточной влажности почвы и слабо влияет на аэрацию. Поэтому для борьбы с избытком подвижного марганца нужно ликвидировать избыточную влажность почвы и добиться нормальной аэрации. Достигается это мелиоративными мероприятиями и соответствующей обработкой.

При проведении мелиорации резко изменяются химические, микробиологические и другие процессы в почве. Поэтому среди мероприятий, повышающих стойкость и урожайность озимых культур на почвах с избыточным увлажнением, первостепенное значение имеет мелиорация. Для борьбы с избыточной влажностью почвы следует использовать и простейшие приемы — отводные канавы, бороздование посевов на почвах с близким залеганием грунтовых вод и др.

Другие условия зимовки оказывают также большое влияние на стойкость и урожайность растений. Существенное значение имеет высота снегового покрова, размеры которого можно регулировать приемами зимней агротехники. В местах, где обычно сдувается снег, следует проводить снегозадержание. При избытке снега рекомендуется уплотнять его тяжелыми катками. В этом случае теплопроводность снега повышается, вследствие чего температура в зоне расположения растений понижается, что исключает создание условий, способствующих выпреванию озимых культур. Чтобы улучшить условия зимовки, применяют и другие приемы зимней агротехники, описанные в руководствах по растениеводству и земледелию.

Для борьбы с гибелью озимых культур в безморозный весенне-летний период большое значение имеют приемы, повышающие почвенное плодородие. Специфическим приемом борьбы с гибелью растений в весенне-летний период является весенняя подкормка, которая не только повышает урожай растений, но и сохраняет многие из них от гибели. Первую подкормку озимых культур рекомендуется проводить рано весной по мерзлой почве, а вторую — перед выходом растений в трубку. Если нет достаточного количества удобрений, можно ограничиться одной первой подкормкой.

ВЫВОДЫ

1. Гибель озимых культур в процессе зимовки раньше объясняли вымерзанием, вымоканием, выпреванием, ледяной коркой, выпиранием корней и другими причинами. Влияние свойств почв на стойкость растений не учитывали.

2. Нами установлено, что стойкость озимых культур находится в очень тесной зависимости от свойств почвы: на слабоокультуренных кислых почвах озимые часто погибают зимой и в весенне-летний период, в то время как при тех же температурных и других условиях на окультуренных слабокислых или нейтральных почвах они хорошо сохраняются.

3. Зимостойкость озимых культур резко падает под влиянием излишней кислотности почвы, содержания в ней алюминия в подвижной форме, избытка марганца, недостатка усвояемых форм фосфора и других питательных веществ.

4. Известкование кислых почв, устраняющее излишнюю кислотность, алюминий в подвижной форме и избыток марганца, а также частично улучшающее фосфатное питание растений, резко увеличивает их зимостойкость.

5. Фосфорные удобрения, внесенные в рядки и вразброс, повышают зимостойкость озимых культур на всех почвах. Такое действие фосфорных удобрений объясняется их положительным влиянием на обмен веществ в растениях. Если кислая реакция среды и алюминий в подвижной форме нарушают углеводный, белковый и фосфатный обмен в растениях, то фосфор улучшает его.

6. Действие азотных удобрений на зимостойкость озимых культур находится в зависимости от свойств почв. На кислых почвах азотные удобрения, особенно в аммиачной форме, как правило, снижают зимостойкость озимых, а на почвах нейтральных и окультуренных отрицательное действие их на зимостойкость проявляется незначительно или не проявляется совсем. Объясняется это тем, что на кислых почвах азотные удобрения в аммиачной форме увеличивают кислотность и содержание алюминия и марганца в подвижной форме.

7. Стойкость растений зависит как от свойств почвы, так и от условий зимовки. При крайне неблагоприятных условиях зимовки (ледяная корка, чрезмерно низкие температуры и др.) растения могут полностью погибнуть, независимо от свойств почв, а при благоприятных — полностью сохраниться также независимо от свойств почв. Однако такие крайние случаи бывают редко. В дерново-подзолистой зоне гибель растений зимой чаще всего обусловлена совместным действием неблагоприятных свойств почв и условий зимовки. При этом

доминирующее действие на стойкость растений оказывают свойства почвы.

8. Оптимальная высота снегового покрова для условий Подмосковья около 30 см. Растения, зимовавшие под слоем снега 10 и 100 см, как правило, снижают урожай по сравнению с растениями, находившимися под снегом слоем 30 см.

Покров снега 10 см и 100 см влияет на урожай различно, в зависимости от погодных условий зимой: при мягкой зиме больший урожай дают растения под слоем снега 10 см, а при суровой зиме и оттепелях, в результате которых образуется ледяная корка, — под слоем снега 100 см.

9. Температурные условия, создаваемые разной величиной снегового покрова, влияют не только на перезимовку растений, но и на рост их в безморозный весенне-летний период.

10. Эффективность удобрений зависит не только от обеспеченности почвы питательными веществами и биологических особенностей растений, но и от условий зимовки. Действие фосфорно-калийных удобрений при плохих условиях зимовки (излишняя влажность почвы, ледяная корка, вымокание и др.) повышается, а азотно-калийных — понижается.

11. Действие извести также зависит не только от свойств почв и биологических особенностей растений, но и от условий зимовки растений: при неблагоприятных условиях зимовки (излишняя влажность почвы в осенне-зимний период, ледяная корка, вымокание) эффективность ее резко возрастает.

12. Условия зимовки, свойства почвы и удобрения сильно влияют на структуру урожая: неблагоприятные условия зимовки, свойства почвы (излишняя кислотность, подвижные формы алюминия и др.) действуют отрицательно на формирование генеративных органов, процесс оплодотворения и налив зерна.

13. От условий зимовки (температура, влажность почвы и др.) зависит не только сохранность растений зимой, но и рост их в безморозный весенне-летний период и урожай.

Избыточная влажность почвы, вымокание, ледяная корка и другие неблагоприятные условия даже при полном сохранении растений оказывают на них отрицатель-

ное последствие в весенне-летний безморозный период и примерно в 2 раза снижают их урожай по сравнению с урожаем растений, выросших на оптимально увлажненной почве.

14. Озимая пшеница больше, чем озимая рожь, подвержена действию избыточного увлажнения почвы, весеннего вымокания и другим неблагоприятным условиям.

15. Размер отрицательного последствия низких температур, излишней влажности почвы, вымокания и других неблагоприятных условий зимовки зависит от свойств почв и удобрений. На хорошо окультуренных почвах отрицательное последствие избыточной влажности проявляется значительно меньше, чем на почве кислой и слабоокультуренной. Фосфорные удобрения и известь ослабляют неблагоприятное последствие избыточной влажности, а азотные — усиливают. Особенно велико отрицательное последствие избыточной влажности при повышенном содержании в почве алюминия в подвижной форме.

16. Свойства почвы, удобрения и условия зимовки оказывают большое влияние на биохимические процессы, протекающие в растениях. Запас сахаров в растениях перед уходом в зиму не определяет их зимостойкости.

17. От свойств почвы, удобрений и высоты снегового покрова в значительной степени зависит интенсивность использования углеводов в зимний период. На окультуренных почвах и на почвах, получивших известь и полное минеральное удобрение, растения расходуют сахара зимой более экономно, чем на кислых почвах, содержащих алюминий и марганец в подвижной форме. При высоком снеговом покрове растения используют сахара в большей мере, чем при малом.

18. Свойства почвы и удобрения, способствующие гибели растений (кислая почва, азотные удобрения, алюминий и марганец в подвижной форме), увеличивают активность пероксидазы и гидролитическую активность инвертазы, а благоприятные почвенные условия (окультуренная почва, фосфорные удобрения, известкование) понижают ее.

19. Большое влияние на активность инвертазы и пероксидазы оказывает величина снегового покрова: под слоем снега 100 см активность инвертазы значительно выше, чем под слоем снега 10 см, а активность

пероксидазы, наоборот, выше при небольшом снеговом покрове. Активность пероксидазы повышается вместе с понижением температуры, а активность инвертазы — падает.

20. Наибольшая активность пероксидазы наблюдается в узлах кущения, наименьшая — в корнях. Среднее положение между ними занимают листья.

21. Активность каталазы зависит от свойств почвы и вносимых удобрений меньше, чем активность инвертазы и пероксидазы. С понижением температуры активность каталазы резко падает.

22. Избыточная влажность почвы (вымокание) увеличивает гидролитическую активность инвертазы в растениях и понижает активность пероксидазы.

23. Благоприятные почвенные условия и фосфорные удобрения способствуют использованию белковых веществ растениями в зимний период.

III. СТОЙКОСТЬ И УРОЖАЙ КЛЕВЕРА И ЛЮЦЕРНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ

Мартовский (1962 г.) Пленум ЦК КПСС осудил травопольную систему земледелия в целом и признал, что в настоящее время, в период построения коммунизма, когда необходимо создать изобилие сельскохозяйственных продуктов, экстенсивная травопольная система земледелия не может удовлетворить потребности страны.

Сейчас нужны интенсивные системы земледелия, включающие в себя возделывание высокоурожайных культур, которые дают максимальный урожай с единицы площади при минимальных затратах и наивысшей производительности труда.

В связи с этим возникает вопрос о целесообразности возделывания многолетних трав и, в частности, клевера и люцерны. Некоторые работники сельского хозяйства полагают, что выращивание клевера и люцерны приведет к возврату травопольной системы земледелия. Такое заключение крайне ошибочно.

Многолетние травы при высоком урожае решают сразу две задачи: обеспечивают животноводство кормами и резко повышают плодородие почв, а следовательно, и урожай всех культур севооборота. Хорошо ли в настоящее время выполняют свое назначение многолетние травы в нечерноземной зоне? К сожалению, далеко не всегда. Урожайность трав здесь пока еще невысокая. При низком урожае они приносят мало пользы, а при урожае 15 ц с 1 га и ниже даже вредны, так как основная часть сена состоит из кислотоустойчивых и почти несъедобных для скота сорняков — хвоща, щавеля,

торицы и т. д., а основной компонент травосмеси — клевер — выпадает. Клубеньковые бактерии не могут накапливать азот в почве, потому что клевер выпал, а тимopheевка неспособна надлежащим образом улучшить почвенную структуру, так как она плохо растет. Значит, при низком урожае многолетних трав нет ни хорошего сена, ни плодородной почвы.

В этом случае приходится напрасно расходовать семена клевера, так как на кислых почвах он погибает. Кроме того, урожай 15 ц плохого сена с 1 га для хозяйства менее выгоден, чем 10—15 ц зерна и 20—30 ц соломы, которые можно получить на этой же площади при посеве зерновых культур.

Наконец, при выпадении клевера и низком урожае тимopheевки сильно развиваются сорные растения. В течение двух лет сорняки размножаются настолько обильно, что их трудно уничтожить за всю ротацию севооборота. Особенно сильно страдает от сорняков лен, который сеют по пласту многолетних трав.

Следует ли из этого, что мы должны отказываться от посева клевера в нечерноземной зоне? Нет, не следует.

Сейчас в нечерноземной зоне мы имеем полную возможность получать высокие и устойчивые урожаи клевера, так как теперь известны причины гибели и низких урожаев сего. Устранив их, мы имеем полную возможность значительно повысить урожайность, а при высоких урожаях клевер и люцерна оправдывают свое назначение.

О том, что бобовые травы нужны для животноводства, говорить не нужно, так как это совершенно очевидно. Хорошо известно, что клевер и люцерна представляют собой прекрасный корм, богатый белками, витаминами и минеральными солями (кальцием и фосфором). В клевере и люцерне содержится большое количество провитамина А (каротина) и витаминов группы В. Между тем в таких высокоурожайных культурах, как кукуруза и сахарная свекла, не хватает белков. Они содержат меньше витаминов, чем клевер и люцерна. Поэтому сочетание кукурузы и сахарной свеклы с клевером или люцерной — прекрасный корм для скота.

Нельзя отрицать положительного влияния клевера и люцерны на свойства почвы. Почвы нечерноземной зоны

отличаются невысоким плодородием. Чтобы повысить их плодородие, нужна система приемов, среди которых существенное значение имеет возделывание клевера и люцерны.

Эти культуры обогащают почву перегноем, азотом и другими питательными веществами, улучшают ее структуру и благодаря этому положительно влияют на водный и воздушный режим. Введение клевера и люцерны в севооборот — довольно действенное средство борьбы с эрозией.

Клевер и люцерна обычно оставляют в почве в 3—5 раз больше органического вещества в виде корневых и пожнивных остатков, чем однолетние культуры. Обычно злаковые хлеба оставляют после себя около 20 ц органических остатков на 1 га. В наших опытах вес корневых и пожнивных остатков клевера и тимофеевки при посеве их на дерново-подзолистой почве составил 52,5 ц на 1 га.

В опытах А. Н. Тиунова на Кировской опытной станции клевер первого года пользования оставил корневых остатков 88,63 ц на 1 га, а вес пожнивных и корневых остатков люцерны при высоком ее урожае достигал еще большей величины.

Положительное значение корневых и пожнивных остатков заключается прежде всего в том, что они обогащают почву перегноем, который увеличивает растворимость почвенных минералов, служит энергетическим материалом для жизнедеятельности полезных микроорганизмов, улучшает структуру и физические свойства почвы, а, разлагаясь, обогащает ее доступными для растений питательными веществами.

Особенно велика роль клевера и люцерны в обогащении почвы азотом.

На корнях бобовых культур поселяются клубеньковые бактерии, способные фиксировать азот воздуха. По данным многих исследователей, в условиях нечерноземной зоны с корневыми и пожнивными остатками клевера в почве остается от 50 до 100 кг азота на 1 га. В наших опытах клевер в корневых и пожнивных остатках накапливал 105 кг азота на 1 га. При более высоком урожае клевер и люцерна оставляют после себя 200—250 кг азота на 1 га.

Следует иметь в виду, что обогащение почвы азотом происходит не только за счет корневых и пожнивных остатков. В надземной части многолетних трав содержится еще большее количество этого элемента, который после скармливания сена скоту вместе с навозом возвращается в почву.

По данным одного из опытов А. Н. Тиунова (1953), красный клевер при урожае сена 56 ц с 1 га накапливал в надземной части 328,55 кг азота на 1 га и в корнях — 110,88 кг, а всего 439,43 кг. Полагая, что одну треть азота растения взяли из почвы, а две трети из воздуха, А. Н. Тиунов считает, что клевер усвоил из воздуха 354,23 кг азота на 1 га. Приведенные примеры ясно показывают, что многолетние бобовые травы представляют собой мощное средство обогащения почвы азотом за счет неисчерпаемых запасов атмосферы.

Возделывание клевера и люцерны оказывает большое влияние на микробиологические процессы в почве. Положительная роль их заключается не только в том, что на корнях бобовых культур размножаются клубеньковые бактерии. Корневые и пожнивные остатки клевера и тимофесвки, превышающие в 3—5 и более раз корневые и пожнивные остатки хлебов, являются энергетическим материалом для почвенных микроорганизмов. Кроме того, в ризосфере многолетних трав развивается в несколько раз больше микроорганизмов, чем в ризосфере других растений. Так, Стокклаз в 1 г почвы ризосферы ржи обнаружил 30—40 млн. бактерий, а в 1 г ризосферы клевера и люцерны — 70—120 млн. Советский ученый Ф. Н. Германов в 1 г почвы определил 577,48 млн. микроорганизмов, а после возделывания клевера — 927,65 млн. Большую разницу он нашел и в развитии азотобактера: в 1 г почвы без клевера было 12 тыс. клеток азотобактера, а после выращивания клевера — 37 тыс. Другие советские ученые неоднократно отмечали, что азотобактер хорошо развивается в прикорневой зоне клевера и люцерны и часто погибает в зоне корней хлопчатника, пшеницы, кукурузы и других культур. Многочисленные исследования опытных станций Советского Союза установили, что процесс нитрификации после многолетних бобовых культур идет значительно интенсивнее, чем после однолетних культур. А усиление полезных для земледелия микробиологических процессов, естественно,

повышает эффективное плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных растений.

Таким образом, клевер и люцерна при условии получения высокого урожая имеют большое значение для земледелия и животноводства.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ И УРОЖАЙ КЛЕВЕРА И ЛЮЦЕРНЫ

На кислых почвах нечерноземной зоны клевер и люцерна нередко выпадают. Эффективных мер борьбы с этим явлением до недавнего времени не было.

Выпадение клевера и люцерны, как известно, чаще всего наблюдается во время зимовки. В связи с этим главной причиной гибели клевера и люцерны считали вымерзание и выпревание.

Д. Н. Прянишников и И. В. Якушкин (1936) в своей книге «Растения полевой культуры» пишут: «Клевер не терпит избытка влаги в почве, так как при этих условиях в малоснежные зимы часто вымерзает» (стр. 725).

Та же мысль высказана и в монографии «Красный клевер», выпущенной Всесоюзным институтом кормов в 1950 г.: «Для сохранения клевера и тимopheевки в период зимы исключительно важное значение имеет толщина снегового покрова на травяном поле, так как при отсутствии снега или при весьма малой толщине снегового покрова травы могут вымерзнуть, а при глубоком снеговом покрове — выпревать» (стр. 172).

В книге «Об улучшении сельскохозяйственного использования земель в нечерноземной полосе Европейской части СССР», изданной Академией наук СССР в 1952 г., написано: «Введение травопольных севооборотов с участием в травосмесях бобовых трав во многих северных и северо-восточных районах этой подзоны (имеется в виду среднетаежная подзона подзолистых почв.— Н. А.) в широких производственных условиях до сих пор встречает большие трудности вследствие вымерзания клеверов» (стр. 65).

Следовательно, главной причиной гибели клевера считалось вымерзание. Влиянию свойств почвы на выпадение клевера не придавали должного значения.

Более того, многие весьма видные ученые считали, что свойства почвы не влияют на стойкость клевера. Проф. П. И. Лисицин (1947), проработавший с культурой клевера 40 лет, в своей книге «Вопросы биологии красного клевера» писал: «Есть еще и теперь в агрономической среде мысль, что для клевера не всякая почва пригодна. В действительности же клевер с одинаковым успехом обитает и на черноземах Украины и на подзолах Горьковской области. В центральной части СССР имеется полный набор дерново-подзолистых почв — от тяжелых глин до подзолистых супесей и до сыпучих песков, и, однако, клевер здесь культивируется наиболее широко, наиболее равномерно и повсеместно. Одна южная часть этой территории, покрытая дифференцированными наносами, может дать полную коллекцию всех мыслимых смесей глины с песком, в различной степени оподзоленных. Ряд других сопоставлений с неменьшей убедительностью доказывает, что клевер относится к почвам совершенно безразлично и что районы возможной его культуры ограничиваются во всяком случае не почвой. Для клевера нет непригодных или неподготовленных почв, если условия влажности отвечают его требованиям» (стр. 47). Гибель клевера П. И. Лисицин связывал с климатическими факторами, глубиной залегания корневой шейки и другими свойствами самих растений.

Наши исследования позволяют объяснить причины гибели клевера и люцерны с иной точки зрения. Основанием к пересмотру прежнего объяснения гибели клевера послужили специальные опыты, проведенные в течение нескольких лет на Агробиологической станции МГУ, а также наблюдения за посевами в производственных условиях.

Эти исследования позволили выяснить главные причины выпадения клевера и люцерны и наметить основные мероприятия, при помощи которых можно резко сократить их гибель и поднять урожайность, а следовательно, увеличить положительное действие на плодородие почв и урожай последующих культур севооборота.

Состояние и урожай клевера в условиях нечерноземной зоны бывают очень пестрыми: наряду с хорошим травостоем нередко встречаются участки, где клевер полностью выпал, а тимopheевка хотя и сохранилась, но растет очень плохо. Такое положение можно наблюдать

в одном хозяйстве при более или менее одинаковых температурных условиях. Вопреки мнению, изложенному в монографии «Красный клевер», весьма часто эта культура выпадает в западинах, где снежный покров обычно больше и температура выше. Прямое действие низких температур здесь проявляется меньше, а гибель клевера происходит чаще.

Такого рода явление мы наблюдали и в колхозах Московской области, и на посевах Агробиологической станции МГУ (Солнечногорский район Московской области).

На Агробиологической станции МГУ в одном из полей севооборота на площади 10 га в течение одного дня при одинаковой агротехнике мы посеяли клевер и тимофеевку. Всходы появились более или менее одинаковыми, но сохранение растений в течение первого года жизни и, в особенности, при перезимовке было резко различным. В одних местах поля оба компонента росли очень хорошо, в других — хорошо сохранилась только тимофеевка, а клевер полностью выпал, и, наконец, в третьих — полностью погиб не только клевер, но и тимофеевка. Температурные условия в местах, где травы выпали, были не хуже, а даже лучше, чем там, где они сохранились: в местах гибели обоих компонентов снеговой покров оказался выше, чем в тех местах, где клевер и тимофеевка полностью сохранились и дали хороший урожай.

Неодинаковое сохранение растений клевера и тимофеевки после перезимовки указывает на значительную пестроту почвы этого поля. Чтобы проследить разнообразие почвенных условий, мы провели агрохимический анализ почв в местах с разной степенью выпадения многолетних трав. Результаты анализа изложены в таблице 97.

Удовлетворительно перезимовал и нормально рос клевер на участках, которые характеризуются следующими показателями: рН выше 5,0, гидролитическая кислотность не более 5 и обменная кислотность не более 0,4 м.-экв. на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями не менее 45%, марганца не более 2 мг и алюминия не более 3—4 мг на 100 г почвы.

Почти полная гибель клевера, значительное выпадение и слабый рост тимофеевки наблюдались на почвах, где рН 4,5, гидролитическая кислотность 7,29 и

Влияние свойств почв на гибель клевера в полевых условиях (результаты анализа 1951 г.)

Вариант	Состояние компонентов травосмеси		Щавель	pH (соевая вытяжка)	в м.-экв. на 100 г почвы				в мг на 100 г почвы				
	клевер	тимофеевка			ликаритическая кислотность	обменная кислотность	сумма поглощенных оснований	степень насыщенности (%)	Mn	Al	P (по Кирсанову)	P (по Трубцу)	K (по Лейве)
1	Хорошее	Хорошее	Нет	5,1	5,18	0,41	4,35	45,7	1,98	3,4	4,5	4,65	6,0
2	Плохое	Удовлетворительное	Небольшое количество	4,8	6,57	0,74	3,59	35,3	1,66	8,10	2,5	4,33	6,0
3	Очень плохое	Плохое	Много	4,5	7,29	1,61	2,62	26,4	2,47	25,1	2,5	3,72	6,0
4	Погиб полностью	Погибла полностью	Сплошной покров	4,5	8,70	2,56	2,49	22,3	2,66	41,15	2,5	3,20	6,0

обменная — 1,61 м.-экв. на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями около 30%, содержание марганца 2,47 мг и алюминия 25 мг на 100 г почвы.

Таким образом, гибель клевера зимой связана со свойствами почв, на которых он растет.

По нашим данным, температурный фактор, обуславливающий вымерзание, имеет второстепенное значение или он действует в зависимости от того, в каких условиях были растения в теплое время года и в каком состоянии они пошли в зиму. Мнение П. А. Сергеева (1950), изложенное в монографиях Всесоюзного института кормов «Красный клевер», о том, что «на бугристых местах в холодные зимы получается сильное изреживание клевера», мы считаем ошибочным и во всяком случае не универсальным. В наших опытах клевер лучше всего сохранялся и рос именно на бугристых местах, а полная гибель растений наблюдалась в западинах.

Это явление вполне объяснимо. Совершенно очевидно, что на бугристых местах процесс почвообразования шел иначе, чем в западинах. Атмосферные осадки и талые воды с бугров в значительной степени стекают и поэтому меньше выщелачивают почву, между тем как в западинах, наоборот, воды накапливаются, просачиваются в почву и, естественно, сильнее выщелачивают ее, увеличивая кислотность, содержание подвижного алюминия и т. д. Поэтому в наших опытах многолетние травы значительно выпали в пониженных элементах рельефа. Вполне понятно, что в повышениях, где почва менее кислая и содержит значительно меньше алюминия и марганца в подвижной форме, клевер и другие растения не выпадают. Следовательно, при рассуждении о влиянии элементов рельефа на гибель многолетних трав необходимо учитывать не столько высоту снегового покрова, сколько свойства почвы.

О том, что почвенные условия влияют на стойкость клевера красного, отмечено и в опытах Е. В. Дьяковой (1952). Она обследовала производственные посевы в колхозах Московской области и пришла к выводу, что «клевер и люцерна хорошо развиваются при содержании в почве лишь до 2 мг подвижного алюминия на 100 г сухой почвы. При этом обменная кислотность почвы не превышает 0,1 м.-экв. на 100 г почвы, а рН почвы — 5,1—5,2 (в KCl). При содержании 3—4 мг подвиж-

ного алюминия, при обменной кислотности почвы 0,5 м.-экв., рН 4,8 уже отмечается угнетение клевера и люцерны. Это угнетение усиливается при 7—8 мг подвижного алюминия, а при 10—12 мг алюминия клевер бывает сильно угнетен и к осени первого года жизни в значительной степени изреживается».

Следует иметь в виду, что агрохимические показатели почв, при которых клевер расти не может, нужно считать приближенными, так как устойчивость клевера и других культур против избытка алюминия, марганца и других неблагоприятных факторов зависит от многих обстоятельств.

В наших опытах было показано, что нормальное и усиленное питание растений фосфором не только ослабляет вредное действие алюминия и марганца, но в некоторых случаях и полностью устраняет его.

В полевых условиях наряду с увеличением кислотности почвы возрастает количество алюминия и марганца в подвижной форме и изменяются другие свойства почвы. Поэтому мы предприняли серию вегетационных исследований, в которых отдельно изучали влияние кислой реакции среды, подвижных алюминия и марганца и других факторов на устойчивость клевера и люцерны. Особое внимание было обращено на изменение зимостойко-

Таблица 98

Агрохимическая характеристика дерново-подзолистых почв (опыт с травосмесью клевера и тимopheевки)

Почвенная разность	рН		Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Степень насыщенности основаниями (в %)	Гумус (в %)	Р ₂ O ₅ (по Кирсанову)	Калий (по Пейве)
	водной вытяжки	солевой вытяжки						
			м.-экв. на 100 г почвы				в мг на 100 г почвы	
Сильнокислая	5,8	4,5	4,7	5,4	53,4	2,08	5,0	4,0
Среднекислая	5,9	4,8	3,7	6,8	64,7	2,79	7,0	4,0
Окультуренная (огородная)	7,0	5,2	1,2	25,8	95,5	6,12	25,0	12,2

сти растений при различных температурных условиях в зависимости от свойств почвы.

Первый опыт на Агробиологической станции МГУ был заложен в 1951 г. на трех почвенных разностях, резко отличающихся одна от другой кислотностью и степенью окультуренности (табл. 98).

Результаты опыта представляют интерес для выяснения причин гибели клевера (табл. 99).

Таблица 99

Влияние свойств почвы и удобрений на сохранение травосмеси клевера с тимopheевкой (вегетационный опыт)

Вариант опыта	Сохранилось растений (в % к исходному количеству)					
	при уборке в октябре		весной (5 мая)		при уборке 25 июля	
	тимophe- евка	клевер	тимophe- евка	клевер	тимophe- евка	клевер
Кислая почва (без удобрения)	100	80	100	20	100	20
То же + N	100	20	100	0	100	0
» » + K	100	40	40	0	40	0
» » + NK	100	66	100	0	100	0
» » + NK + суперфосфат	100	40	100	0	100	0
NK + CaCO ₃ (по полной гидролитической кислотности)	100	50	100	80	100	60
Среднекислая почва (без удобрения)	100	100	100	60	100	20
То же + N	100	80	100	40	100	0
» » + K	100	60	100	40	100	0
» » + NK	100	60	100	60	100	40
» » + NK + AlCl ₃	100	20	100	20	100	0
Окультуренная почва (без удобрения)	100	100	100	100	100	100
То же + N	100	100	100	100	100	100
» » + K	100	100	100	100	100	100
» » + NK	100	100	100	100	100	100
» » + NK + суперфосфат	100	100	100	100	100	100

Одинарная доза алюминия равнялась 8 мг на 100 г почвы, а одинарная доза азотных, калийных и фосфор-

ных удобрений — 0,1 г действующего вещества на 1 кг почвы. Фосфор внесен в виде суперфосфата, азот — в виде сернокислого аммония и калий — в виде 30%-ной калийной соли.

Сосуды с растениями клевера на зиму зарывали в почву. Снежный покров над сосудами был нормальным и достигал 70 см. Зима в год опыта была типичной для условий Подмосквья. Средняя температура в декабре равнялась -6° , в январе -12° , в феврале $-12,9^{\circ}$, в марте $-4,5^{\circ}$. Абсолютный минимум в январе достигал $-28,7^{\circ}$.

Снежный покров во вторую зиму достигал одного метра. В течение всей зимы в зоне корневой шейки клевера 4 раза в сутки измеряли температуру, которая благодаря большому покрову снега не опускалась ниже -1° .

Таким образом, условия зимовки были вполне нормальными и, разумеется, совершенно одинаковыми для всех вариантов опыта. Однако растения перезимовали весьма различно. Прежде всего следует отметить, что клевер выпадал не только зимой, но и весной и летом второго года жизни.

В некоторых вариантах получены нормальные всходы клевера, но он постепенно погибал в течение первого года жизни. Такое явление наблюдалось на кислых почвах без внесения удобрений и при внесении различных минеральных солей.

Большой интерес представляют результаты полевых опытов нашей сотрудницы Л. А. Лебедевой, в которых она изучала время выпадения клевера (табл. 100).

Температурный фактор был одинаковым для всех вариантов, но гибель растений проходила весьма различно. На кислой известкованной почве наибольшая часть растений погибла после появления всходов в период с высокой температурой (июнь — август). В зимнее время на этой почве происходило дальнейшее выпадение клевера. В результате после перезимовки сохранилось 12,5—27,6% растений. Между тем на почве, получившей известь и навоз, сохранилось (в вариантах без азотных удобрений) 81,6—85,2% растений. При этом гибели клевера зимой почти не было.

Таким образом, выпадение многолетних трав происходит не только зимой, но и в другие периоды года и находится в тесной зависимости от свойств почв и удоб-

Влияние свойств почвы на время выпадения клевера
(данные Л. А. Лебедевой)

Вариант опыта	Сохранилось растений на 1 пог. м в					
	июне 1952 г.	августе 1952 г.	мае 1953 г.	июне 1952 г.	августе 1952 г.	мае 1953 г.
	в шт.			в %		
Кислая слабоокультурен- ная почва (без удобре- ния)	28	11	6	100	39,3	21,4
То же + К	24	8	3	100	33,3	12,5
» » + NPK	30	15	8	100	50,0	26,7
Кислая слабоокультурен- ная почва, получившая известь по полной гидро- литической кислотности и навоз 30 т на 1 га . .	29	26	25	100	89,7	85,2
То же + К	32	26	26	100	81,6	81,6
» » + NPK	27	17	15	100	63,0	55,7

рений — кислотности, содержания растворимых алюми-
ния, марганца и железа, от видов и форм минеральных
удобрений и известкования. Решающим фактором стой-
кости клевера и люцерны является окультуренность поч-
вы. На окультуренной почве в течение всего периода
жизни клевер и тимopheевка прекрасно сохранились, а на
кислой дерново-подзолистой почве наблюдалось массо-
вое выпадение клевера.

Таким образом, высокая окультуренность почв явля-
ется залогом стойкости клевера. Окультуренные почвы,
оказывающие очень большое влияние на стойкость и
урожай растений, характеризуются слабокислой или ней-
тральной реакцией среды, большим запасом доступных
растениям питательных веществ, отсутствием или малым
количеством алюминия в подвижной форме, интенсивны-
ми микробиологическими процессами и т. д. Неокуль-
туренные дерново-подзолистые почвы обладают повы-
шенной кислотностью и другими отрицательными свой-
ствами.

Для того чтобы подробнее изучить влияние различных факторов на стойкость клевера и люцерны, мы провели опыты, в которых изучали влияние реакции среды, агрохимических свойств почвы, удобрений, известкования и покровной культуры на перезимовку растений.

О влиянии реакции среды на перезимовку клевера можно судить по результатам исследований, изложенным выше. То же мы наблюдали и в полевом опыте. На кислой известкованной почве (рН 4,6) сохранилось 21,4% клевера, и на известкованной (рН 6,4) — 85,2%.

Мы поставили специальные опыты с песчаными культурами, в которых изменяли реакцию среды в разные периоды роста и развития растений, а количество подвижных алюминия, марганца и железа оставляли постоянным.

Отношение растений к кислой реакции среды в связи с возрастом меняется. В первом году жизни клевер и люцерна наиболее чувствительны к кислой среде в течение первых 40 дней. В последующее время они сравнительно легко переносят закисление почвы, и оно, губительное для первого периода жизни, часто оказывается безвредным. Но из этого, разумеется, вовсе не следует, что кислая почва и другие неблагоприятные условия, которые перенесли клевер и люцерна в первом году жизни, не окажут влияния на их перезимовку.

В опытах с песчаными культурами растения были убраны и проанализированы, а вегетационные сосуды с корневой системой и небольшой розеткой оставлены для наблюдения и учета урожая во втором году жизни трав. Для того чтобы приблизить условия перезимовки к естественным, сосуды были зарыты в почву с таким расчетом, что корневые шейки их располагались на одном уровне с ее поверхностью. Весной растения начали отрастать, но не во всех сосудах. Люцерна перезимовала только в тех сосудах, в которых реакция среды в течение всего первого года жизни поддерживалась на уровне рН 7,0. В первом году жизни люцерны, находившаяся в кислой среде (рН 4,5) в возрасте от 60 до 80 дней, дала такой же урожай, как и растения, выращиваемые при рН 7,0. Однако в первом случае люцерна в конце вегетационного периода была не хуже контрольной, а к началу второй вегетации она погибла, в то время как растения, выращенные при рН 7,0, полностью отросли и развивались

нормально. Температурные условия зимы были, разумеется, одинаковыми для всех растений. Из этого следует, что зимостойкость растений находится в очень большой зависимости от реакции среды.

Сказанное подтверждают и результаты опыта с люцерной, заложенной на кислой почве (рН 4,8) без удобрений и при внесении различных минеральных солей и извести. В течение первого года жизни количество растений во всех вариантах опыта было одинаковым, но после зимовки положение резко изменилось.

Люцерна на почве без удобрений и известкования росла плохо. При этом в процессе зимовки сохранилось около 20% растений, а остальные погибли. Немногим лучше был вариант и с калийным удобрением. Во всех случаях, где были внесены азот и сочетание азота с калием, люцерна в течение зимы полностью погибла.

Иная картина наблюдалась при внесении извести: растения этого варианта не только перезимовали, но и прекрасно росли и развивались.

Не менее интересные результаты получены в опыте с клевером. Растения, находившиеся в течение первого года жизни при рН 7,0, полностью отросли и развивались вполне нормально. Тимофеевка, выращиваемая при рН 4,5 в возрасте от 60 до 80 дней, к концу первого вегетационного периода дала такой же урожай, как и контрольные растения, а клевер этого варианта — 61,2% от контроля, но к началу второго вегетационного периода они полностью погибли.

Таким образом, результаты опытов с песчаными культурами, где изменялась только кислотность среды, а количество подвижных форм алюминия, марганца и железа оставалось постоянным, показали, что растения, выращенные на кислой среде, зимой погибают, в то время как растения на нейтральной среде при тех же температурных условиях полностью сохраняются.

Наряду с кислой реакцией среды большое влияние на клевер и люцерну оказывают алюминий и марганец в подвижной форме. Внесение 8 мг марганца или алюминия на 100 г почвы в слабоокультуренную кислую почву привело к полной гибели клевера в течение первого года жизни (до зимовки). На среднекислой почве от действия марганца и алюминия, внесенных в тех же дозах, клевер

в течение первого года жизни выпадал на 80%. Следует отметить, что отрицательное действие марганца и алюминия зависит от аниона соли: хлориды марганца и алюминия действуют более отрицательно, чем сульфаты. Вредное действие алюминия при одинаковых дозах проявляется сильнее, чем марганца.

Следовательно, подвижные формы алюминия и марганца в почве способствуют вымерзанию многолетних трав.

Наряду со свойствами почвы на стойкость и урожай клевера значительно влияют и удобрения. Результаты вегетационных опытов показывают, что азот усиливает выпадение клевера во все периоды его жизни — летом в течение первого года жизни, при перезимовке и летом в течение второго года жизни.

Влияние минеральных удобрений на выпадение многолетних трав в очень большой мере зависит от тех форм, в которых они внесены: сульфаты и нитраты более благоприятны, чем хлориды и аммиачные формы удобрений.

Действие удобрений на стойкость клевера и люцерны находится в очень большой зависимости от свойств почв. Если на кислой почве азотно-калийные удобрения способствовали выпадению клевера, то на хорошо окультуренной почве они в нормальных дозах, даже в виде хлоридов и сульфата аммония, никакого отрицательного влияния на стойкость растений не оказали. Лишь при утроенной дозе азота и калия, внесенных в виде сернокислого аммония и 30%-ной калийной соли, выпало 40% клевера.

Таким образом, неблагоприятное действие азотно-калийных удобрений на растения клевера, произрастающих на окультуренной почве, при обычных дозах не проявилось. Это обстоятельство еще раз подчеркивает огромное значение окультуренности почв.

Для того чтобы установить связь между гибелью растений и теми изменениями, которые произошли в почвенной среде при внесении удобрений и других веществ, был проделан агрохимический анализ почвы из вегетационных сосудов.

При сопоставлении результатов анализа почвы и данных перезимовки растений легко заметить тесную связь между ними. Клевер выпал на кислой почве (рН 4,6—

4,8) с повышенной гидролитической и обменной кислотностью и избыточным содержанием марганца и алюминия. На окультуренной почве, где растения прекрасно сохранились, реакция среды приближалась к нейтральной, обменная кислотность колебалась около 0,01 м.-экв. на 100 г почвы, алюминия в подвижной форме не было, а содержание подвижного марганца было незначительным.

Азотно-калийные удобрения при внесении их на кислой почве увеличивали актуальную и обменную кислотность, а также количество подвижных алюминия и марганца, что, по-видимому, и явилось причиной гибели растений клевера.

Наряду с вегетационными исследованиями на Агробиологической станции МГУ были проведены полевые опыты, в которых изучалось влияние отдельных видов удобрений — сернокислого аммония, калийной соли и суперфосфата, внесенных под покровную культуру, на стойкость клевера. Доза каждого удобрения 60 кг действующего вещества на 1 га. Многолетние травы высевали под покров овса. Результаты опыта изложены в таблице 101.

Таблица 101

Влияние минеральных удобрений, внесенных под покровную культуру, на стойкость клевера (полевые опыты)

Вариант опыта	Сохранилось растений за летне-осенний период (число растений в октябре в % к числу растений в июле)	Сохранилось растений (в %) при перезимовке по отношению к числу растений в октябре
Без удобрения	32,8	100
N	18,2	75,0
K	16,7	66,7
NK	10,5	0,0
NPk	25,0	60,0

Азотные и калийные удобрения, внесенные на кислых почвах под покровную культуру, резко понизили стойкость клевера. Особенно сильная гибель его наблюдалась при совместном внесении азота и калия. Фосфор оказывал положительное влияние на стойкость клевера,

так как он ослаблял отрицательное действие азотных и калийных удобрений.

В полевых условиях мы изучали влияние минеральных удобрений на урожай многолетних трав (табл. 102).

Таблица 102

Влияние извести и минеральных удобрений на урожай и ботанический состав сена многолетних трав (данные 1953 г.)

Вариант опыта	Урожай сена		Урожай компонентов травосмеси (в ц с 1 га)		Ботанический состав сена (в %)		
	в ц с 1 га	в %	кле-вера	тимо-феев-ки	кле-вер	тимо-феев-ка	сор-няки
Кислая почва (без удобрения)	20,8	100	5,23	6,11	20,9	30,2	48,9
То же + N	18,8	90,4	0,71	9,62	4,0	48,3	47,1
» » + K	13,2	63,4	0,76	3,60	5,3	26,9	67,8
» » + NK	10,8	51,9	0,20	4,42	2,2	40,5	57,3
» » + NPK	17,4	83,6	0,49	8,60	4,0	46,3	49,7
» » + CaCO ₃	47,8	229,8	24,72	13,60	52,0	29,7	18,3
» » + CaCO ₃ + N	41,5	199,5	19,6	17,3	46,3	41,7	12,0
» » + CaCO ₃ + K	57,0	274,0	45,6	9,67	79,5	16,9	3,6
» » + CaCO ₃ + NK	49,9	240,3	35,3	10,1	70,9	20	9,1
» » + CaCO ₃ + NPK	52,9	254,3	38,88	11,22	62,6	29,0	8,4

Опыт заложен на слабокультуренной почве с повышенной кислотностью.

В 1930 г. на месте опытного участка был выкорчеван лес, после чего на этом месте возделывали различные полевые культуры. В 1951 г. на участок в соответствии со схемой опыта внесена известь по полной гидролитической кислотности и навоз — 30 т на 1 га. В 1951 г. здесь выращивали ячмень, а в 1952 г. — овес, под которые вносили удобрения. Смесь клевера с тимофеевкой в 1952 г. подсеяли под овес.

Из данных таблицы 102 видно, что известкование кислой почвы и внесение навоза резко повысили урожай многолетних трав. Общий урожай сена на известкованных и удобренных навозом делянках увеличился в 2,3—2,7 раза, а урожай одних только чистых трав (без сорняков) — в 3,3—9,8 раза. Особенно благоприятное действие оказали известь и навоз на урожай клевера.

Минеральные удобрения по своему влиянию на многолетние травы резко отличаются от извести и навоза. Если известь и навоз на кислых почвах в несколько раз увеличили урожай клевера, то минеральные азот и калий резко снизили его. Особенно неблагоприятно действовали азотно-калийные удобрения на клевер, урожай которого при внесении их составил всего 3,8—13,5% от урожая без минеральных удобрений.

Фосфорные удобрения повышали урожай клевера с тимофеевкой. Суперфосфат на фоне азота и калия увеличил урожай почти вдвое. Однако положительного влияния фосфорных удобрений на кислых почвах было недостаточно, чтобы компенсировать действие азотно-калийных удобрений.

Эффективность минеральных удобрений во многом зависит от свойств почвы: на кислой почве азотно-калийные удобрения резко снижали урожай многолетних трав, и на известкованной почве они чаще всего повышали его.

От внесения извести и минеральных удобрений значительно изменялся ботанический состав сена. Под влиянием извести содержание клевера в сене возрастало, тимофеевки — несколько снижалось, особенно резко уменьшалось количество сорняков. Вполне понятно, что это обстоятельство не только улучшает кормовое достоинство сена, но и значительно увеличивает положительное действие клевера на плодородие почв и урожай последующих культур севооборота.

Азотно-калийные удобрения на кислых почвах резко ухудшали ботанический состав сена, так как они способствовали выпадению клевера, а фосфорные удобрения улучшали его.

Минеральные удобрения и известь также изменяли и свойства почвы (табл. 103).

В 1954 г. клевер с тимофеевкой были подсеяны под покров ячменя. Удобрения в течение четырех лет вносили по той же схеме, что и в предыдущем опыте. Результаты учета урожая, проведенные в первый год пользования многолетними травами (1955), изложены в таблице 104.

Данные таблицы 104 полностью подтверждают результаты опыта 1953 г.

**Агрохимическая характеристика почв опытного участка
с многолетними травами**

Вариант опыта	рН (солевой вытяжки)	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Степень насыщенности почвы основаниями (в %)	Алюминий	Марганец
		в м.-экв. на 100 г почвы			в мг на 100 г почвы	
Кислая почва (без удобрения)	4,6	5,59	4,20	43,0	7,8	3,8
То же + N	4,6	6,36	3,20	33,0	11,0	3,2
» » + K	4,6	6,11	3,60	37,0	9,7	2,8
» » + NK	4,6	6,32	4,00	25,9	10,1	3,8
» » + NPK	4,6	5,72	4,00	41,2	8,2	3,1
» » + CaCO ₃	6,6	2,56	4,40	63,3	0,0	Следы
» » + CaCO ₃ + N	6,4	1,71	9,40	84,6	0,0	»
» » + CaCO ₃ + K	7,0	1,72	10,70	86,1	0,0	»
» » + CaCO ₃ + NK	6,8	1,72	9,20	84,0	0,0	»
» » + CaCO ₃ + NPK	6,8	1,94	9,30	82,6	0,0	»

Таблица 104

**Влияние извести и минеральных удобрений на урожай (в ц с 1 га)
и ботанический состав сена (данные 1955 г.)**

Вариант опыта	Урожай сена	Урожай компонентов		
		клевера	тимофеевки	сорняков
Кислая почва (без удобрения)	31,9	8,3	8,1	15,5
То же + N	33,1	3,9	9,4	19,3
» » + K	30,1	3,5	14,6	12,0
» » + NK	26,1	1,0	17,0	8,1
» » + NPK	30,4	1,8	18,9	9,7
» » + CaCO ₃	48,8	23,8	16,8	8,2
» » + CaCO ₃ + N	46,3	20,2	19,6	6,5
» » + CaCO ₃ + K	80,5	51,7	25,1	3,7
» » + CaCO ₃ + NK	79,2	48,0	28,7	2,5
» » + CaCO ₃ + NPK	69,9	38,3	28,3	3,3

Такие же результаты получены в опытах Л. А. Лебедевой, проведенных на Агробиологической станции МГУ в 1958 г.

Отрицательное действие азотных и калийных удобрений на стойкость и урожай клевера при внесении их на кислых почвах объясняется несколькими обстоятельствами.

Как показали результаты опытов, повышение урожая покровной культуры под влиянием минеральных удобрений не сопровождается соответствующим повышением урожая клевера. В некоторых случаях наблюдается обратная зависимость. Минеральные — азотные и азотно-калийные удобрения — всегда резко увеличивали урожай покровной культуры, но, как правило, понижали урожай клевера. В опыте 1953 г. азотные удобрения повысили урожай покровной культуры (овса) на известкованной почве на 18—23%, а урожай клевера понизили на 21—43%, а азот совместно с калием увеличил урожай покровной культуры на 47—62%, в то время как урожай клевера остался без изменения.

Еще более яркая картина получалась при внесении минеральных удобрений на кислой неизвесткованной слабокультуренной почве. В этом случае вес сухой массы овса, убранного на зеленый корм, при удобрении азотом повысился на 60%, а азотом и калием — на 72%. Между тем урожай клевера под влиянием азотных и азотно-калийных удобрений резко упал. Так, на участках без минеральных удобрений урожай клевера в травосмеси составил 5,23 ц с 1 га, в то время как по азотным и азотно-калийным удобрениям он колебался в пределах 0,20—0,71 ц с 1 га, то есть практически клевер полностью выпал.

Азотные удобрения в аммиачной форме подкисляют почву, увеличивают содержание в ней алюминия и марганца в подвижной форме, которые резко понижают стойкость и урожайность клевера. Наличие минерального азота в почве и ухудшение ее свойств под влиянием удобрений ослабляют деятельность клубеньковых бактерий. В этом заключается отрицательное действие азотных удобрений на клевер через почву. Кроме того, азотные удобрения неблагоприятно действуют на клевер и через покровное растение, в качестве которого в нечерноземной зоне чаще всего используют овес и озимую

рожь. Обе эти культуры обладают повышенной устойчивостью против кислой реакции среды и избытка алюминия и марганца в подвижной форме и хорошо отзываются на азотные удобрения. Таким образом, ухудшение свойств почвы при внесении азотных удобрений для овса и озимой ржи не имеет существенного значения, а азот как питательный элемент резко повышает их урожай. Сильноразвитые растения покровной культуры сильнее затеняют клевер, больше иссушают почву и обедняют ее питательными веществами, особенно фосфором. В результате азот, внесенный на дерново-подзолистых почвах под покровную культуру, оказывает отрицательное действие на клевер и через почву и через покровное растение.

Калийные удобрения, внесенные под покровную культуру, на известкованной почве, резко повышают урожай клевера первого и второго года пользования. Объясняется это, по-видимому, тем, что урожай покровной культуры под влиянием калия возрастает незначительно, а свойства известкованной почвы не ухудшаются до такой степени, чтобы вызвать гибель клевера. На втором году жизни трав калий как питательный элемент оказал положительное действие на урожай клевера.

Положительное действие на урожай клевера оказало и фосфорное удобрение, внесенное под покров.

При возделывании клевера и люцерны на кислых дерново-подзолистых почвах особо важное значение имеет известкование. Резкое повышение урожайности клевера под влиянием извести было известно давно. В последнее время получены новые данные о влиянии извести на стойкость клевера как в летне-осенний, так и зимне-весенний периоды. Часть материала полевого опыта Агробиологической станции МГУ приведена в таблице 105.

Из данных таблицы 105 видно, что известь очень сильно повышает стойкость клевера. В варианте без удобрений и без извести на кислой почве за год погибло 78,5% растений, а при внесении извести на той же почве — всего 13,8%. Аналогичные результаты получены и в вариантах с удобрениями: известь во всех случаях резко увеличивала стойкость клевера. Известкование почв лучше всего предохраняет клевер и люцерну от гибели, чем все другие способы воздействия.

**Влияние извести на стойкость клевера (полевой опыт
Агробиологической станции МГУ, 1955 г.)**

Удобрения под покровную культуру	Число растений на 1 пог. м рядка		Погобли растений за год (в %)
	2 июня	весной	
Кислая почва (без удобрения) . . .	28	6	78,5
То же + N	24	3	87,5
» » + K	24	3	87,5
» » + NK	21	2	90,5
» » + CaCO ₃	29	25	13,8
» » + CaCO ₃ + N	27	17	37,0
» » + CaCO ₃ + K	32	26	18,7
» » + CaCO ₃ + NK	29	16	44,8

Примечание. Удобрения вносили под покровную культуру.

Такое сильное положительное влияние извести на стойкость клевера и люцерны объясняется следующими обстоятельствами. Главная причина гибели клевера и люцерны — излишняя кислотность, подвижный алюминий, избыток растворимых форм марганца и недостаток фосфора. Известкование устраняет излишнюю кислотность, подвижный алюминий полностью исчезает из почвенного раствора, превращаясь в безвредное состояние, количество растворимого марганца уменьшается до таких пределов, при которых он приносит растениям не вред, а пользу. Под влиянием извести в кислых почвах, как это доказано многими советскими учеными, увеличивается и количество доступного растениям фосфора.

Таким образом, при внесении извести устраняются те свойства почвы, которые обуславливают гибель клевера и люцерны.

Известкование почвы не только предохраняет растения от гибели, но и увеличивает урожай трав и других культур.

При устранении излишней кислотности и подвижного алюминия создаются благоприятные условия для жизнедеятельности клубеньковых бактерий, которые, снабжая клевер и люцерну азотом, резко повышают их урожайность. Это доказывают результаты наших опытов,

проведенных на Агробиологической станции МГУ (табл. 106).

Таблица 106

Влияние известкования почвы на густоту стояния клевера, количество клубеньков на корнях растений и содержание азота и фосфора в пожнивных и корневых остатках (полевой опыт Агробиологической станции МГУ)

Вариант опыта	Густота стояния растений (шт. на 1 кв. м)		Поглобл за лето (в %)	Число клубеньков на 1 растении	Содержалось в корневых и пожнивных остатках клевера (в кг на 1 га)	
	31 мая 1954 г.	31 августа 1954 г.			азота	P ₂ O ₅
Кислая почва (без удобрения)	95	39	59	16	1,36	0,29
То же + СаСО ₃ по ½ гидролитической кислотности	126	126	0,0	58	31,19	5,79
То же + СаСО ₃ по гидролитической кислотности	134	134	0,0	60	49,49	6,36

На кислой (рН 4,6) слабокультуренной дерново-подзолистой почве за три летних месяца выпало около 60% клевера. Между тем при известковании почвы по полной и даже по половинной гидролитической кислотности гибели клевера за это время не было.

Весьма благоприятное действие оказала известь на образование клубеньков на корнях клевера, количество которых увеличилось почти в 4 раза.

Известкование значительно повышает содержание азота в корневых и пожнивных остатках клевера. В наших опытах содержание азота в корневых и пожнивных остатках (см. табл. 106) равнялось при известковании 49,49 кг на 1 га, а без него — только 1,36 кг.

Под влиянием извести в корневых и пожнивных остатках клевера во много раз увеличилось и содержание фосфора, а также усилилась жизнедеятельность многих полезных микроорганизмов, среди которых особо важное значение имеют нитрифицирующие бактерии, азотобактер, клостридиум пастерианум и т. д.

Положительное действие извести на урожай клевера давно установлено во многих местах нечерноземной зоны СССР.

Результаты некоторых опытов научно-исследовательских учреждений Советского Союза, в которых изучали влияние извести на урожай сена клевера с тимофеевкой, приведены в таблице 107.

Т а б л и ц а 107

Влияние известкования дерново-подзолистых почв на урожай сена клевера с тимофеевкой

Место проведения опыта	Урожай сена (в ц с 1 га)		Прибавка урожаю	
	без из- вести	по из- вести	в ц на 1 га	в %
Агробиологическая станция МГУ (Солнечногорский район Москов- ской области)	20,8	47,8	27	129,8
ВИУА (Барыбино, Московской об- ласти)	17,4	32,8	15,4	88,5
Всесоюзный институт кормов (Мо- сковская область)	20,0	44,0	24,0	120
Волоколамское опытное поле (Мо- сковская область)	30,6	52,8	22,2	72,5
Судогодское опытное поле (Влади- мирская область)	19,4	68,6	49,2	253,6
Академия наук БССР	18,6	47,1	28,5	153,2
Семеновский опорный пункт (Горь- ковская область)	48,4	86,2	37,6	78,7
Там же	10,8	67,3	56,5	523
Турская опытная станция (БССР)	0,0	68,0	68,0	—
Уральская опытная станция	57,0	96,9	39,9	70,0

Данные таблицы 107 показывают, что на кислых подзолистых почвах известкование резко повышает урожай многолетних трав.

Известь оказывает большое влияние на урожай многолетних трав не только на сильнокислых почвах, где бобовые травы без этого почти не растут, но и на среднекислых почвах, на которых и без известкования получают удовлетворительные результаты. Так, на среднекислых почвах Долгопрудной опытной станции урожай сена без извести составил 39,1 ц с 1 га, а по извести — 65 ц с

1 га, то есть на 25,9 ц с 1 га больше. В совхозе «Воскресенское» (Московская область) урожай многолетних трав на известкованных полях равнялся 29,6 ц с 1 га, а при внесении извести — 59,6 ц. На Центральной опытной станции Института социалистического сельского хозяйства Академии наук БССР урожай сена без извести равнялся 46,3 ц с 1 га, а по извести — 100,7 ц, или на 54,4 ц с 1 га больше.

Таким образом, в нечерноземной зоне СССР известкование почв является самым мощным средством повышения урожайности клевера и люцерны.

Наряду с применением обычных доз извести и внесением ее вразброс существенное значение имеет применение малых доз извести — 2—3 ц на 1 га в рядки. В трехлетних опытах Агробиологической станции МГУ 2 ц извести при внесении в рядки повышали урожай многолетних трав на 10—12 ц с 1 га.

Особенно большой эффект от рядкового применения извести был получен на Пермской опытной станции, где в среднем за два года урожай сена при рядковом внесении извести поднялся на 27,1 ц с 1 га, а урожай семян — на 3,5 ц с 1 га.

Известь в небольших дозах, внесенная в рядки, не только повышает урожай многолетних трав, но и весьма существенно улучшает качество сена. Для подтверждения этого положения приведем результаты полевого опыта, заложенного Агробиологической станцией МГУ на кислой (рН 4,6) дерново-подзолистой почве (табл. 108).

Таблица 108

Влияние известкового туфа, внесенного в рядки, на ботанический состав сена

Вариант опыта	Число растений на 1 пог. м ряда		Ботанический состав сена (в %)		
	тимOFFеев-ки	кле-вера	тимOFFеев-ка	кле-вер	щавелек и другие сорняки
Кислая почва (без рядкового удобрения)	13,0	0	46,3	0	53,7
То же + 1,5 ц на 1 га известкового туфа в рядки	25,6	14,5	43,6	36,2	20,2

В варианте без рядкового внесения извести клевер погиб, и сено состояло из тимopheевки (46,3%) и сорняков (53,7%). Кормовое достоинство такого сена невелико. При внесении в рядки 1,5 ц известкового туфа на 1 га клевер в значительной степени сохранился (36,2% от общего веса сена), что значительно улучшило качество сена.

Высокая эффективность рядкового применения извести вполне объяснима. Известь, внесенная в рядки, ликвидирует избыточную кислотность в том месте, где расположены корешки молодых растений, обладающие наибольшей чувствительностью к кислой реакции почвы. Поэтому рядковое внесение извести весьма полезно. Этот дешевый и действенный способ повышения урожайности трав необходимо широко внедрять в производство.

Известь на кислых почвах улучшает качество сена не только потому, что увеличивает удельный вес в нем клевера, но и потому, что повышает содержание белков в растениях. В опытах Смоленской опытной станции под влиянием известкования количество белкового азота возросло с 2,18 до 2,62%, а общее количество сырого протеина в урожае клевера поднялось с 4,24 до 8,20 ц на 1 га благодаря повышению урожайности и содержания белка в растениях. Аналогичные результаты получены и в опытах Всесоюзного института кормов.

Под влиянием извести наряду с увеличением количества и качества сена резко возрастает количество корней и содержащегося в них азота. Так, в одном из опытов Агробиологической станции МГУ в корневых и пожнивных остатках многолетних трав (клевера и тимopheевки) накапливалось азота: без извести — 75 кг на 1 га, а при внесении извести — 105 кг.

Изложенный выше многочисленный экспериментальный материал показывает, что стойкость клевера и люцерны вообще и их зимостойкость в особенности находятся в тесной зависимости от свойств почв, а также от минеральных и других удобрений и от извести, изменяющих эти свойства.

После рассмотрения изложенного материала становится ясным, что утверждение проф. П. И. Лисицина о том, что «...клевер относится к почвам совершенно безразлично...» является в корне ошибочным. Допускали ошибку и другие исследователи, когда они не учитывали

влияния свойств почвы на стойкость растений. Почва представляет собой среду, в которой растение живет и из которой оно получает пищу. Забывать влияние почвы при обсуждении вопросов стойкости растений — значит игнорировать основное мичуринское положение о единстве организма и среды.

Таким образом, накопленные в настоящее время экспериментальные данные показывают, что для борьбы с гибелью клевера и люцерны нужно прежде всего заботиться об улучшении свойств почв.

Подчеркивая огромное значение почвенных условий для сохранения растений зимой, мы вовсе не исключаем других факторов увеличения или уменьшения зимостойкости. Вполне понятно, что зимостойкость растений зависит от их наследственных свойств (вид и сорт), глубины залегания корневой шейки или узла кущения, от закалки растений перед уходом в зиму, от вида покровной культуры и времени нахождения клевера и люцерны под покровом и от других причин.

Понятно также, что гибель растений зависит не только от плохих свойств дерново-подзолистых почв. Растения могут, конечно, погибнуть от прямого действия низких температур, от ледяной корки, вымокания и т. д. Но все эти неблагоприятные факторы значительно сильнее влияют на растения, выращенные в неблагоприятных почвенных условиях.

О том, что от температуры в зимний период зависят зимостойкость и последующий урожай растений, показывают результаты наших опытов с многолетними травами и озимыми культурами.

В течение нескольких лет мы изучали многолетние травы и озимые культуры, зимовавшие под различным слоем снега. Растения одной серии опытов находились под большим снеговым покровом, достигающим до 90—100 см, а растения другой серии — под слоем снега 10 см. Излишек снега сверх 10 см ежедневно удаляли. Температура в зоне узла кущения или в зоне корневой шейки была, разумеется, различной. Чаще всего температура под покровом снега 100 см колебалась от -1° до -3° . Под малым слоем снега температура в зоне корневой шейки в декабре опускалась до $-14,1^{\circ}$, а в феврале до $-14,8^{\circ}$.

При такой разнице в температуре наблюдалось и разное повреждение растений.

Были случаи, когда клевер под большим покровом снега сохранялся, а под малым — погибал. Низкие температуры оказывали влияние и на такую зимостойкую культуру, как тимopheевка. Результаты одного из опытов с тимopheевкой приведены в таблице 109.

Таблица 109

Влияние низкой температуры на зимостойкость и урожай тимopheевки

Вариант опыта	Перезимовало растений на почве				Вес сухой массы (в г на сосуд)				Вес сухой массы при малом снеговом покрове в % к весу при большом снеговом покрове	
	окультуренной		кислой		на окультуренной почве		на кислой почве		окультуренная почва	кислая почва
	под большим снегов. покровом	под малым снегов. покровом	под большим снегов. покровом	под малым снегов. покровом	большой снеговой покров	малый снеговой покров	большой снеговой покров	малый снеговой покров		
N	100	100	100	100	32,73	29,67	21,34	13,19	91,0	61,8
NK	100	100	100	100	33,29	20,81	23,67	18,18	62,6	76,7
NK + Al	100	80	20	0,0	30,72	20,12	6,30	0,0	65,4	0,0
NK + Mn	100	80	80	60	31,32	28,12	22,48	16,31	89,8	72,6
НРК	100	100	100	100	38,97	30,0	22,35	17,32	77,2	77,6

Опыт заложен на двух почвах, резко различных по своим свойствам. Окультуренная почва взята с припарникового участка, а кислая почва — с полевого участка низкой окультуренности. Агрохимическая характеристика этих почв дана выше. На окультуренной почве при внесении алюминия и марганца тимopheевка при перезимовке под большим покровом снега сохранилась на 100%, а под малым — на 80%. Такая же разница наблюдалась и на кислой почве. На почве с алюминием под большим слоем снега тимopheевка сохранилась на 20%, а под малым — погибла полностью, а при внесении марганца соответственно на 80 и 60%. Здесь ясно сказалось

влияние температуры. Однако от почвенных условий зимостойкость растений зависит в большей степени, чем от температуры. Так, при внесении одних азотно-калийных удобрений тимopheевка сохранилась на 100%, а при добавлении к ним алюминия и марганца зимостойкость ее на окультуренной почве резко упала, а на кислой почве под малым снеговым покровом растения полностью погибли.

Следовательно, сохранность растений при перезимовке зависит и от свойств почв и от температуры.

Большой интерес представляют данные об урожае тимopheевки под большим и малым покровом снега. В вариантах, где алюминий и марганец не вносили, тимopheевка сохранилась на 100% как под большим, так и под малым покровом снега. Однако во всех случаях урожай тимopheевки, находившейся под малым слоем снега, был значительно ниже урожая растений под большим покровом снега.

В одном из вегетационных опытов, проведенных Л. А. Лебедевой с клевером, под покровом снега 10,30 и 100 см сохранились все растения, так как условия зимовки были благоприятными, но урожай их был различный (табл. 110).

Т а б л и ц а 110

Влияние величины снегового покрова на урожай клевера

Вариант опыта	Урожай под слоем снега (в см)					
	с одного ящика (в г)			в % к урожаю под слоем снега 30 см		
	10	30	100	10	30	100
Кислая почва (без удобрения)	77,8	131,8	71,0	59,0	100	54,0
То же + NPK + CaCO ₃	154,0	185,0	—	88,5	100	—
Окультуренная почва	273	345	176	79,0	100	51,0

Из данных таблицы 110 видно, что высота снегового покрова, то есть температура в процессе зимовки, даже при сохранении всех растений оказывает большое влияние на урожай. Оптимальные температурные условия для клевера были созданы под слоем снега 30 см. Как

низкие температуры (под слоем снега 10 см), так и относительно высокие под покровом снега 100 см (от 0 до -3°) резко понизили урожай клевера. Эти факты, многократно наблюдаемые и в наших опытах с озимыми, свидетельствуют о том, что низкие температуры приносят вред даже и в том случае, когда растения сохраняются. По-видимому, низкие температуры наносят такие повреждения, от которых растения не погибают, а только снижают урожай. Поэтому забывать о вреде низких температур, конечно, нельзя.

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ УБОРКИ ПОКРОВОЙ КУЛЬТУРЫ НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ И УРОЖАЙ КЛЕВЕРА И ЛЮЦЕРНЫ

На зимостойкость растений влияют не только почвенные условия, но и другие внешние факторы. Для клевера и люцерны одним из важных факторов является покровная культура, от которой в большой степени зависит состояние растений перед уходом в зиму. Кроме того, в летний период покровная культура способствует гибели клевера и люцерны. Многие исследователи наблюдали, как многолетние травы полностью выпадали под покровным растением. Так, по сводным данным А. А. Семенова, за летний период под покровом погибло всходов клевера на Ленинградской зональной льняной станции 17,2% и на Ярославской государственной селекционной станции — 36%. В опытах П. А. Сергеева (1950) в течение лета под покровной культурой гибель всходов клевера достигала 50%.

Отрицательное влияние покровной культуры на многолетние травы было известно давно. Еще в самом начале текущего столетия Клинген указывал на угнетение клевера покровной культурой.

Отрицательное действие покровной культуры заключается в том, что она затеняет клевер и люцерну, иссушает и обедняет почву питательными веществами. Первостепенное значение имеет затенение растений и иссушение почвы. Усиленное удобрение обеспечивает многолетние травы пищей, но не спасает их от гибели, потому что на удобренных участках покровная культура бурно растет и еще сильнее затеняет травы. Поэтому многие

исследователи стремились к тому, чтобы добиться менее мощного травостоя покровной культуры. Для этого Клингген рекомендовал уменьшать норму высева покровной культуры на одну треть. Идя по пути Клинггена, П. З. Смирнов предложил междрядковый способ посева, сущность которого заключается в том, что травы высевают посередине междурядий покровной культуры. Этим способом автор хотел добиться меньшего затенения трав. Проверка предложения Смирнова показала, что и при междрядковом способе посева покровная культура также угнетает травы.

Институт зернового хозяйства Юго-Востока и б. Уральская селекционная станция разработали и проверили так называемый полупокровный посев, при котором травы высевают в расширенные междурядья покровной культуры. При этом норму высева покровной культуры, разумеется, уменьшают.

При полупокровном способе каждый компонент травосмеси занимает особый рядок. Например, на юго-востоке СССР рядки люцерны чередуют с рядками житняка.

Ф. И. Филатов (Институт зернового хозяйства Юго-Востока) предложил комбинированный способ: покровную культуру высевают двухстрочно: в расширенное междурядье между строчками сеют люцерну, а посередине обычного междурядья житняка. Здесь достигается комбинация двух методов, так как люцерну высевают по полупокровному методу, а житняк — по междрядковому.

Как видно из литературного обзора, многие исследователи пытались устранить противоречия между покровной культурой и травами, но при этом не учитывали их динамики в течение вегетации. А между тем напряженность и характер противоречий от посева до созревания покровной культуры резко меняются. В первое время после посева покровной культуры и трав противоречий между ними нет: воды, пищи и света хватает и для покрова и для трав. Затем по мере роста покровной культуры и трав противоречия нарастают: покровная культура растет быстрее, начинает затенять травы, иссушает почву, использует растворимые формы питательных веществ. Однако в этот период травы хотя и угнетены покровной культурой, но все еще могут расти и развиваться, и противоречия между ними не носят антагонистического характера.

Во второй половине вегетации покровные культуры (особенно при высоком урожае) настолько разрастаются, что сильно затеняют травы, обедняют почву водой и питательными веществами. Противоречия между покровной культурой и травами перерастают в антагонистические, и травы в неравной борьбе часто погибают.

В разрешении противоречий между покровной культурой и многолетними травами мы пошли не тем путем, каким шли исследователи ранее. Мы решили устранить лишь антагонистические противоречия, что достигается не путем их примирения, а путем ликвидации. Для того чтобы спасти травы от частичной или полной гибели, покровную культуру убирали на зеленый корм, то есть в то время, когда неантагонистические противоречия между травами и покровной культурой еще не переросли в антагонистические.

Один из наших опытов был заложен в 1953 г. на сильнонокислой дерново-подзолистой почве. В качестве покровной культуры был использован овес, который убирали на зеленый корм 12 июля, а на зерно 29 августа. Следовательно, при уборке овса на зерно травосмесь клевера и тимофеевки находилась под покровом на 48 дней больше, чем при уборке его на зеленый корм. В результате более раннего освобождения трав от покровной культуры они имели возможность перед уходом в зиму хорошо укорениться, развили мощную розетку и накопили достаточное количество питательных веществ. Какое значение имеет время уборки покровной культуры для состояния клевера перед уходом в зиму, показывают рисунки 14, 15 и данные таблицы 111.

Вес растений клевера при уборке покровной культуры на зеленый корм в 2—3 раза больше, чем при уборке ее на зерно. Особенно велика разница в состоянии клевера при внесении полного минерального удобрения. В этом случае вес растений клевера при уборке покровной культуры на зеленый корм составил 770% по отношению к весу клевера, находившегося под покровом овса, убранного на зерно. Объясняется это тем, что овес, удобренный NPK, образовал большую вегетативную массу и ко времени налива частично полег. Своевременное освобождение клевера от покрова овса с мощной вегетативной массой позволило ему хорошо укорениться и накопить перед зимовкой необходимое количество питатель-

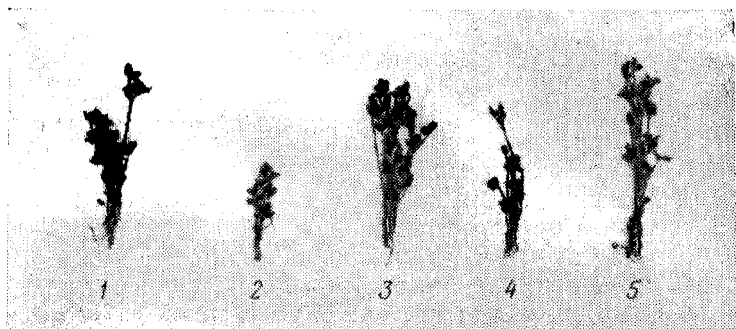


Рис. 14. Состояние растений клевера перед уходом в зиму при уборке покровной культуры на зерно:
1 — без удобрения; 2 — N; 3 — K; 4 — NK; 5 — NPK.



Рис. 15. Состояние растений клевера перед уходом в зиму при уборке покровной культуры на зеленый корм:
1 — без удобрения; 2 — N; 3 — K; 4 — NK; 5 — NPK.

ных веществ. В результате этого зимостойкость клевера значительно возросла (табл. 112).

Таблица 111

Влияние времени уборки покровной культуры на состояние клевера перед уходом в зиму (учет проведен 1 ноября)

Уборка покровной культуры на зерно		Уборка покровной культуры на зеленый корм	
минеральные удобрения, внесенные под покровную культуру	вес 100 растений (в г)	минеральные удобрения, внесенные под покровную культуру	вес 100 растений (в г)
Кислая почва (без удобрения)	12,52	Кислая почва (без удобрения)	35,70
То же + N	10,92	То же + N	26,08
» » + K	14,44	» » + K	47,00
» » + NK	11,68	» » + NK	39,58
» » + NPK	7,40	» » + NPK	56,92

Таблица 112

Влияние времени уборки покровной культуры на зимостойкость клевера

Уборка покровной культуры на зерно		Уборка покровной культуры на зеленый корм	
минеральные удобрения, внесенные под покровную культуру	сохранилось растений после перезимовки (в % по отношению к всходам)	минеральные удобрения, внесенные под покровную культуру	сохранилось растений после перезимовки (в % по отношению к всходам)
Кислая почва (без удобрения)	45,6	Кислая почва (без удобрения)	85,0
То же + N	22,7	То же + N	62,9
» » + K	42,9	» » + K	81,4
» » + NK	24,1	» » + NK	55,2
» » + NPK	26,0	» » + NPK	55,7

При уборке овса на зеленый корм клевер сохранился при перезимовке (и в другие периоды) примерно в 2 раза лучше, чем при уборке покровной культуры на зерно.

Прямым следствием этого явилось резкое повышение урожая трав при уборке покровной культуры на зеленый корм (табл. 113).

Влияние времени уборки покровной культуры на урожай и ботанический состав травосмеси (слабоокультуренная известкованная почва)

Уборка покровной культуры	Урожай (в ц с 1 га)				Соотношение компонентов травосмеси (в %)			Прибавка урожая от уборки покровной культуры на зеленый корм					
								сена		клевера		тимофеевки	
	сена	клевера	тимофеевки	сорняков	клевер	тимофеевка	сорняки	в ц на 1 га	в %	в ц на 1 га	в %	в ц на 1 га	в %
На зерно	25,87	9,57	10,55	5,8	35,3	38,9	27,1	—	—	—	—	—	—
На зеленый корм	48,02	24,72	13,6	9,5	52,0	29,7	18,3	22,15	85	15,15	158	3,1	29

В опыте, заложенном на кислой слабоокультуренной почве, урожай сена при уборке покровной культуры на зеленый корм возрос на 22,15 ц с 1 га, или на 85%. Основное повышение урожая сена произошло благодаря увеличению содержания клевера в травосмеси (15,15 ц с 1 га, или 158% по сравнению с урожаем при уборке покровной культуры на зерно). Уборка покровной культуры на зеленый корм повысила урожай тимopheевки на 3,1 ц с 1 га, или на 29%, и резко улучшила ботанический состав сена: количество клевера в травосмеси поднялось с 35,3 до 52%, а количество сорняков упало с 27,1 до 18,3%.

Вполне понятно, что такое изменение урожая многолетних трав и ботанического состава сена имеет большое значение не только для животноводства, но и для повышения плодородия почвы и урожайности последующих культур севооборота. Время уборки покровной культуры оказывает положительное действие и на количество пожнивных и корневых остатков (табл. 114).

По сравнению с уборкой покровной культуры на зерно уборка ее на зеленый корм значительно увеличила количество пожнивных и корневых остатков, а содержание азота в них возросло на 42 кг на 1 га, или на 66,5%.

Влияние времени уборки покровной культуры на количество корневых и пожнивных остатков и на содержание в них азота

Уборка покровной культуры	Вес воздуш- носухих кор- невых и по- жнивных остатков		Вес воздуш- носухих корней		Содержание азота (в %)		Содержание азота в пож- нивных и кор- невых остат- ках	
	в ц с 1 га	в %	в ц с 1 га	п %	п пож- нив- ных остат- ках	в кор- нях	в кг на 1 га	в %
На зерно	41,0	100	29,8	100	1,71	1,48	63,25	100
На зеленый корм	52,5	128,0	42,0	140,8	1,91	2,03	105,25	166,5

Ясно, что резкое увеличение корневых остатков и содержащегося в них азота повысит плодородие почвы и урожай последующих культур.

Опыты с люцерной, поставленные на Агробиологической станции МГУ, показали аналогичные результаты.

Исследования проведены на трех почвах, резко отличающихся уровнем плодородия. Кроме слабокультуренной и среднекультуренной почв, для опыта использована хорошо окультуренная почва, на которую в течение многих лет вносили органические удобрения.

На малоплодородной почве срок уборки покровной культуры существенного значения не имел. На известкованной почве уборка ее на зеленый корм значительно увеличила зимостойкость люцерны: при уборке покровной культуры на зеленый корм выпало 46,5% растений, а на зерно — 63,6%. Большее значение имел срок уборки покровного растения на среднекультуренной почве. При уборке покровной культуры на сено гибель люцерны была значительно меньше, чем при уборке на зерно.

Еще резче сказалось влияние покровного растения на хорошо окультуренной почве. В этих вариантах урожай овса достигал 35 ц с 1 га. Почвенные условия для люцерны были благоприятными, но покровная культура настолько угнетала ее, что растения почти полностью погибли. При посеве на той же почве без покрова выпадов не было, и урожай сена составил 92,5 ц с 1 га.

Из сопоставления изложенных фактов видно, что влияние срока уборки покровной культуры на стойкость люцерны зависит от плодородия почвы и урожая покровного растения: чем выше плодородие почвы и урожай покровной культуры, тем большее значение имеет ранняя уборка ее.

От срока уборки покровной культуры зависит не только стойкость, но и урожай люцерны (табл. 115).

Таблица 115

Влияние срока уборки покровной культуры на урожай люцерны (в ц с 1 га)

Вариант опыта	Уборка покровной культуры	
	на сено	на зерно
Слабоокультуренная почва (без удобрения)	17,36	19,47
То же + CaCO_3	29,76	20,74
Среднеокультуренная известкованная почва (без удобрения)	31,09	20,44
То же + NPK	37,32	26,68
» » + навоз	65,84	53,56

Данные таблицы 115 показывают, что на слабоокультуренной малоплодородной почве, на которой урожай овса был низким, срок уборки покровной культуры существенного значения не имел. Объясняется это тем, что при низком урожае покровная культура слабо затеняла люцерну и иссушала почву.

Другая картина наблюдалась на среднеокультуренной почве, где урожай покровного растения достигал 20—25 ц с 1 га. В этом случае урожай сена при уборке покровной культуры на зеленый корм был примерно в 1,5 раза выше, чем при уборке ее на зерно. Еще больший урожай сена получен при возделывании люцерны без покрова: на среднеокультуренной почве под покровом овса он составил 21,16 ц с 1 га, а без покрова — 42,6 ц. На хорошо окультуренной почве под покровом овса, давшего урожай свыше 35 ц с 1 га, люцерна почти полностью погибла. На той же почве без покрова был выращен урожай 92,5 ц с 1 га.

Таким образом, срок уборки покровной культуры для люцерны имеет огромное значение. При этом чем выше плодородие почвы и урожай покровного растения, тем большее значение имеет ранний срок его уборки.

Следовательно, уборка покровной культуры на зеленый корм является большим резервом повышения стойкости и урожайности трав в нечерноземной зоне СССР.

Вполне понятно, что в полевых севооборотах нельзя убирать зерновые культуры на зеленый корм, но это можно осуществить в лугопастбищных и прифермских севооборотах, где часть площадей обычно занимают культурой, идущей на зеленый корм.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЙ И УСЛОВИЙ ЗИМОВКИ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В РАСТЕНИЯХ КЛЕВЕРА И ЛЮЦЕРНЫ

Урожай и зимостойкость растений определяются протекающими в них биохимическими процессами, которые в известной мере зависят от внешних условий. Выше было показано, что на зимостойкость оказывают влияние свойства почвы и удобрения, температура, ледяная корка и другие факторы. Для того чтобы глубже понять, как действуют эти факторы на растительный организм, мы в течение нескольких лет проводили биохимические исследования растений, выращивавшихся на разных почвах и в различных условиях зимовки.

Задача наших исследований — изучить процессы, происходящие в растениях при условиях, способствующих их гибели и обеспечивающих их сохранность и высокий урожай.

В полевом опыте растения выращивали на почве кислой слабоокультуренной и известкованной, а в вегетационном — на кислой дерново-подзолистой и хорошо окультуренной (огородного типа).

Кислая дерново-подзолистая почва характеризуется следующими показателями: рН солевой вытяжки 4,5, гидролитическая кислотность 7,7 м.-экв. на 100 г почвы, подвижного алюминия 10 мг. на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований 7,9 м.-экв., гумуса 2%.

Почва огородного типа содержала гумуса около 6%, ее рН 6,5, гидролитическая кислотность 1,5 м.-экв., алюминия в подвижной форме в ней не было.

Чтобы создать большее разнообразие почв по плодородию, мы вносили минеральные удобрения (аммиачную селитру, суперфосфат и хлористый калий из расчета 0,1 г действующего вещества на 1 кг почвы), а также алюминий (AlCl_3) и марганец (MnCl_2) (из расчета 8 мг на 100 г почвы), которые усиливали отрицательные свойства почвы.

Вегетационные опыты закладывали в деревянных ящиках, которые на зиму зарывали в траншеи с таким расчетом, чтобы корневые шейки клевера и люцерны находились на 3—4 см от поверхности почвы.

Температурный режим регулировали высотой снегового покрова. Для этого в течение зимы слой снега над растениями поддерживали на уровне 10, 30 и 100 см.

В корневых шейках и в листьях растений определяли моносахариды, дисахариды, общее количество сахаров, крахмал, гемицеллюлозы, белковый и небелковый азот, активность инвертазы, пероксидазы, каталазы и протеолитических ферментов.

Содержание углеводов определяли в фиксированном материале, а активность ферментов — в автолитических смесях, приготовленных из живых растений.

Гидролитическую активность инвертазы устанавливали по количеству расщепленной сахарозы (в мг на 1 г сухого вещества), все углеводы (моносахариды, дисахариды, крахмал и гемицеллюлозы) по Бертрану, последовательно из одной и той же навески (по схеме Кизеля). Активность каталазы определяли газометрическим методом по количеству выделенного кислорода при разложении перекиси водорода; активность пероксидазы — по Бояркину; общий, белковый и небелковый азот — по Кьельдалю.

УГЛЕВОДЫ И ЗИМОСТОЙКОСТЬ РАСТЕНИЙ КЛЕВЕРА И ЛЮЦЕРНЫ

Мы установили, что почвенные условия и удобрения оказывают существенное влияние на содержание сахаров в растениях клевера. Так, сумма сахаров в корневых

шейках клевера, взятого с делянок полевого опыта, колебалась от 4,4 до 10,5%. Еще бóльшая разница была получена в вегетационном опыте. Однако прямой связи между количеством растворимых сахаров в растениях перед уходом в зиму и зимостойкостью не обнаружено. В полевом опыте растения клевера, выращенные на кислой почве, содержали растворимых сахаров больше, чем на известкованной почве. Между тем на кислой почве в процессе зимовки погибло 67,2% растений, а на известкованной почве они хорошо сохранились и дали высокий урожай (табл. 116).

Таблица 116

Влияние свойств почвы и удобрений на содержание легкорастворимых углеводов в растениях клевера первого года жизни перед уходом в зиму (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	Моносахариды		Дисахариды		Сумма сахаров		Погинло расте- ний зимой (в %)
	в надзем- ной части	в корне- вых шей- ках	в надзем- ной части	в корне- вых шей- ках	в надзем- ной части	в корне- вых шей- ках	
Кислая почва (без удобрения)	4,7	2,7	1,9	6,6	6,6	9,3	67,2
То же + N	3,8	2,6	1,2	7,4	5,0	10,0	87,8
» » + K	5,0	3,5	1,4	3,9	6,4	7,4	83,3
» » + NK	4,5	2,6	2,7	7,9	7,2	10,5	89,5
» » + NPK	2,9	1,7	4,0	3,4	6,9	5,1	75,0
» » + CaCO ₃	2,8	1,8	2,8	2,7	5,6	4,5	10,0
» » + CaCO ₃ + N	3,8	2,5	1,1	2,8	4,9	5,3	22,0
» » + CaCO ₃ + K	3,5	2,4	1,3	2,0	4,8	4,4	18,5
» » + CaCO ₃ + NK	3,6	2,7	0,6	5,5	4,2	8,2	37,8
» » + CaCO ₃ + NPK	3,8	2,3	0,4	3,7	4,2	6,0	40,0

Примечание. Пробы растений клевера взяты в середине октября.

В вегетационном опыте при внесении алюминия и марганца растения клевера, как правило, в течение зимы погибали. Между тем растворимых сахаров в них значительно больше, чем в растениях, выращенных на хорошо окультуренной и известкованной почве.

Высокое содержание растворимых углеводов в растениях, выращенных на кислой почве с избытком

алюминия в подвижной форме, объясняется тем, что растения меньше используют их на построение белков, чем растения, выращенные в благоприятных почвенных условиях.

Результаты опытов с клевером аналогичны результатам опытов с озимой рожью, озимой пшеницей и люцерной.

Таким образом, запас углеводов перед уходом растений в зиму не определяет их зимостойкости. Этим, разумеется, мы не отрицаем значения углеводов в жизни растений вообще и особенно в зимний период. Мы считаем, что большую роль играет не содержание растворимых сахаров перед уходом растений в зиму, а интенсивность их расходования в течение зимы.

Чтобы изучить влияние свойств почвы, удобрений и высоты снегового покрова на интенсивность использования углеводов, мы определяли их в корневых шейках клевера осенью и зимой. Результаты анализа на содержание моносахаридов изложены в таблице 117.

Таблица 117

Содержание моносахаридов в корневых шейках клевера в зависимости от свойств почвы, удобрения и высоты снегового покрова зимой 1959/60 г. (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	Растения зимовали под слоем снега (в см)									
	12 октяб- ря	17 ноября	10			30			100	
			20 декаб- ря	8 февра- ля	убыль (в %)	20 декаб- ря	8 февра- ля	убыль (в %)	8 февра- ля	убыль (в %)
Кислая почва (без удобрения)	7,2	8,4	4,6	2,3	6,1	6,0	2,6	5,8	2,0	6,4
То же + NK	7,4	8,4	5,1	2,7	5,7	5,2	2,9	5,5	2,8	5,6
» » + PK	8,2	7,0	5,0	2,4	4,6	2,4	1,9	5,1	2,2	4,8
» » + NPK	7,5	7,8	4,4	3,4	4,6	3,8	3,2	4,6	2,3	5,5
» » + NPK + CaCO ₃	7,4	6,6	3,5	4,5	2,1	5,7	2,9	3,7	1,6	5,0
Окультуренная почва	8,5	6,8	3,6	3,2	3,6	4,5	2,3	4,5	2,3	4,5

Количество моносахаридов в корневых шейках клевера за зиму резко уменьшилось; очевидно, они были израсходованы на дыхание.

Особенно понизилось содержание моносахаридов в растениях, выросших на кислой слабоокультуренной почве без удобрений и на той же почве с внесением азота и калия, то есть при таких почвенных условиях, которые способствуют гибели клевера.

Наименьшая убыль моносахаридов в корневых шейках клевера наблюдалась на известкованной и хорошо окультуренной почве. Следовательно, при благоприятных почвенных условиях моносахариды используются экономнее, чем при неблагоприятных.

Содержание сахарозы в корневых шейках клевера зимой 1959/60 г. подвержено меньшим колебаниям, чем содержание моносахаридов (табл. 118).

Таблица 118

Содержание сахарозы в корневых шейках клевера в зависимости от свойств почвы, удобрений и высоты снегового покрова зимой 1959/60 г. (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	12 октября	17 ноября	Растения зимовали под покровом снега (в см)								
			10			30			100		
			20 декабря	10 февраля	прибавка или убыль (в %)	20 декабря	30 февраля	прибавка или убыль (в %)	8 февраля	прибавка или убыль (в %)	
Кислая почва (без удобрения) . . .	11,8	16,4	15,9	18,6	+2,4	15,6	16,5	+0,1	13,8	-2,6	
То же + NK . . .	10,0	15,1	19,3	15,7	+0,6	21,3	19,3	+3,9	11,6	-3,8	
» » + PK . . .	12,9	15,3	16,9	18,6	+3,3	17,8	18,9	+3,6	16,6	+1,3	
» » + NPK . . .	9,7	16,6	17,8	14,6	-2,0	17,2	17,7	+1,1	14,5	-2,1	
» » + NPK + + CaCO ₃ . . .	9,2	15,5	18,0	17,7	+2,2	15,8	16,1	+0,6	15,0	-0,5	
Окультуренная почва	9,8	17,8	16,1	19,8	+2,0	18,3	17,3	-0,5	13,1	-4,7	

В некоторых случаях содержание сахарозы к концу зимы даже возросло. Произошло это, по-видимому, за счет гидролиза крахмала.

Содержание сахаров в растениях и их расходование в процессе зимовки находятся в большой зависимости от высоты снегового покрова, то есть от температурных условий.

Под слоем снега 10 см содержание дисахаров в корневых шейках клевера было значительно выше, чем под

слоем снега 100 см, так как температура в первом случае достигала —10—14°, а во втором не опускалась ниже —2°.

Вследствие этого дыхание и другие физиологические процессы в растениях под слоем снега 100 см шли интенсивнее, чем при высоте снегового покрова 10 см. Таким образом, под большим слоем снега растворимые сахара используются интенсивнее, чем под малым.

Свойства почвы, удобрения и высота снегового покрова оказывают влияние и на соотношение между моносахаридами и сахарозой (табл. 119).

Таблица 119

Соотношение между содержанием сахарозы и моносахаридов в корневых шейках клевера в зависимости от свойств почвы, удобрения и высоты снегового покрова (зима 1958/59 г.)

Вариант опыта	23 ок- тября	24 нояб- ря	21 января		10 марта	
			снеговой покров (в см)			
			10	100	10	100
Кислая почва (без удобрения)	1,7	5,5	3,4	2,3	2,5	3,2
То же + РК	2,0	3,4	4,6	2,5	2,4	2,2
» » + РК + Al	3,2	6,4	5,7	1,3	4,2	—
» » + NPK + CaCO ₃	2,8	4,2	6,2	1,3	3,3	3,0
Окультуренная почва	2,7	7,0	4,2	1,1	3,3	3,2

При внесении в почву алюминия удельный вес моносахаридов в сумме растворимых сахаров уменьшается. На окультуренной почве соотношение между сахарозой и моносахаридами было шире, чем на кислой почве.

На соотношение сахарозы и моносахаридов существенное влияние оказывает высота снегового покрова. Под слоем снега 10 см растения клевера содержали сахарозы в 3,4—6,2 раза больше, чем моносахаридов, а под слоем снега 100 см это отношение составляло всего 1,1—2,5. Такое явление наблюдалось в середине зимы, когда была значительная разница в температуре под слоем снега 10 и 100 см.

В марте, когда температурный режим под покровом снега 10 и 100 см различался незначительно, соотношение между сахарозой и моносахаридами мало зависело от высоты снегового покрова.

Зимостойкость растений связана с использованием запасных углеводов — крахмала и гемицеллюлоз, которые после гидролиза образуют сахара, необходимые для процесса дыхания.

Использование крахмала и гемицеллюлозы на дыхание после их гидролиза подтверждают многие исследователи, но влияние свойств почвы, удобрения и высоты снегового покрова на расходование этих веществ клевером и люцерной, насколько нам известно, еще не изучено.

По данным И. М. Васильева (1955), проводившего опыты с разными сортами озимых культур, содержание гемицеллюлозы (в %) в растениях в течение зимы оставалось неизменным. На основании своих результатов он пишет: «Остались совершенно нетронутыми гемицеллюлозы, содержание которых за всю зиму не изменилось».

Такое заключение, по нашему мнению, не вытекает из экспериментальных данных автора. Содержание гемицеллюлоз в опытах И. М. Васильева оставалось в течение зимы без изменения, а количество растворимых сахаров резко уменьшилось. Если бы гемицеллюлозы не были «затронуты», как пишет И. М. Васильев, тогда бы их количество возросло, так как содержание сухих веществ вследствие расходования растворимых сахаров резко уменьшилось; однако этого не случилось.

Таким образом, в опытах И. М. Васильева содержание гемицеллюлоз и других органических веществ в растениях уменьшалось параллельно.

И. Р. Оголовец (1960), изучая динамику углеводов в коре древесных пород (береза, дуб, яблоня Славянка и Ранетка), обнаружил что содержание гемицеллюлоз зимой резко падает.

Результаты наших опытов показали, что использование в процессе дыхания запасных углеводов — крахмала и гемицеллюлоз — растениями клевера зависит от свойств почвы, удобрения и высоты снегового покрова (табл. 120).

Наибольшее количество крахмала в корневых шейках клевера перед уходом в зиму содержалось в том случае, когда его выращивали на кислой слабоокультуренной почве без удобрений или при внесении одного азота, то есть в тех почвенных условиях, которые способствуют гибели растений. При выращивании растений

Таблица 120

Содержание крахмала в корневых шейках клевера зимой 1959/60 г. в зависимости от свойств почвы, удобрения и высоты снегового покрова (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	17 ноября	Растения зимовали под слоем снега (в см)							
		10			30			100	
		20 декабря	8 февраля	убыль (в %)	20 декабря	8 февраля	убыль (в %)	8 февраля	убыль (в %)
Кислая почва (без удобрения)	17,8	7,8	3,4	14,4	11,1	5,8	12,0	5,0	12,8
То же + NK	18,8	10,7	2,3	16,5	13,4	8,2	10,6	6,5	12,3
» » + PK	7,6	15,0	2,5	5,1	13,7	7,3	0,3	4,4	3,2
» » + NPK	10,1	10,6	4,1	6,0	14,7	7,0	3,1	5,0	5,5
» » + NPK + CaCO ₃	10,2	8,9	1,6	8,6	17,2	5,3	4,9	2,4	7,8
Окультуренная почва	10,3	8,7	1,6	8,7	8,9	6,2	4,1	4,3	5,9

в условиях, повышающих их зимостойкость (полное минеральное удобрение, известкование и хорошо окультуренная почва), крахмала в корневых шейках клевера перед уходом растений в зиму было значительно меньше.

Объяснить это можно тем, что в хороших почвенных условиях углеводы используются на построение белковых веществ. Из данных таблицы 120 видно, что содержание крахмала в корневых шейках клевера в процессе зимовки сильно падает. Если осенью в корневых шейках клевера на разных вариантах крахмал составлял 10—18% на сухое вещество, то в феврале его содержание упало до 1,6—4,1%.

При сопоставлении этих данных с динамикой моносахаридов, сахарозы и гемицеллюлоз легко заметить, что среди углеводов в процессе зимовки растений больше всего используется крахмал, который является для клевера очень важным энергетическим материалом, используемым после гидролиза на дыхание.

Расходование крахмала в процессе зимовки в большой степени зависит от свойств почв и удобрения. Больше всего крахмала расходуют растения, выросшие на кислой почве без удобрения или при внесении азота. На

вариантах, повышающих стойкость растений (РК, NPK, NPK + CaCO₃, хорошо окультуренная почва), убыль крахмала в процессе зимовки значительно меньше, чем на вариантах, способствующих выпадению растений.

Следовательно, при выращивании растений в благоприятных почвенных условиях крахмал в процессе зимовки расходуется экономнее, чем при выращивании в условиях, способствующих их гибели.

Использование крахмала растениями в зимнее время зависит и от высоты снегового покрова.

В наших опытах с клевером, озимой рожью и озимой пшеницей было показано, что оптимальная высота снегового покрова в условиях Подмосквья 30 см. Наиболее экономное расходование крахмала происходит при высоте снегового покрова 30 см, а наиболее интенсивное — под слоем снега 10 см.

Наряду с легкорастворимыми сахарами и крахмалом в жизни растений существенное значение имеют и гемицеллюлозы (полуклетчатки). Динамику содержания гемицеллюлоз в растениях клевера в зависимости от свойств почв и удобрений мы изучали зимой 1958/59, 1959/60 и 1961/62 гг.

Результаты наших исследований показали, что содержание гемицеллюлоз (в %) в течение осеннего и зимнего периодов подвержено существенным колебаниям. Происходит это по ряду причин. Во-первых, на дыхание растений используются растворимые сахара и крахмал (после гидролиза), вследствие чего содержание сухого вещества в растениях падает. Это обстоятельство может привести к повышению относительного содержания гемицеллюлоз (при сохранении неизменным их абсолютного количества). Во-вторых, содержание гемицеллюлоз в растениях изменяется вследствие гидролиза и последующего использования на дыхание.

Динамика гемицеллюлоз в корневых шейках клевера зимой 1958/59 г. показана в таблице 121.

Относительное содержание гемицеллюлоз в процессе зимовки повышалось. Это свидетельствует о том, что расходование их отставало от использования моносахаридов, сахарозы и крахмала. Однако не следует делать вывод, что гемицеллюлозы не использовались растениями, так

Содержание гемицеллюлоз в корневых шейках клевера зимой 1958/59 г. в зависимости от свойств почвы, удобрения и высоты снегового покрова (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	24 ноября	Растения зимовали под слоем снега (в см)								
		10			30			100		
		27 января	10 марта	прибавка или убыль (в %)	27 января	10 марта	прибавка или убыль (в %)	27 января	10 марта	прибавка или убыль (в %)
Кислая почва (без удобрения)	7,0	9,0	10,1	+3,1	9,7	10,4	+3,4	11,3	10,2	+3,2
То же + РК	7,8	8,1	10,3	+2,5	8,7	7,4	-0,4	10,2	8,0	-0,2
» » + РК + Al	5,9	8,2	9,8	+3,9	8,4	8,7	+2,8	9,1	10,2	+4,3
» » + NPK + CaCO ₃	7,0	8,5	9,0	+2,0	8,6	8,3	+1,3	9,4	7,9	+0,9
Окультуренная почва	9,3	9,4	9,0	-0,3	9,3	10,3	+1,0	10,3	9,4	+0,1

как относительное содержание моносахаридов, сахарозы и крахмала уменьшалось значительно интенсивнее, чем увеличивалось содержание гемицеллюлоз.

Изменение относительного содержания гемицеллюлоз, как показали данные опытов, зависит от свойств почв и вносимых удобрений.

На кислых почвах и при внесении алюминия содержание гемицеллюлозы наиболее повысилось, а на известкованной и хорошо окультуренной почвах оно изменилось незначительно.

Объяснить это можно тем, что на почвах, способствующих гибели растений, как показано выше, интенсивнее использовались моносахариды, сахароза и крахмал. Поэтому относительное количество гемицеллюлоз на этих вариантах повышалось в большей степени, чем на хорошо окультуренной почве.

В опытах зимой 1959/60 г. в корневых шейках клевера уменьшалось не только содержание моносахаридов, сахарозы и крахмала, но и гемицеллюлоз, что доказывает расходование их в процессе зимовки (табл. 122).

В опытах зимой 1961/62 г. мы изучали также изменение абсолютного содержания гемицеллюлоз в растениях клевера. Исследования показали, что количество

Таблица 122

Содержание гемицеллюлоз в корневых шейках клевера зимой 1959/60 г. в зависимости от свойств почвы и удобрения (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	12 октяб- ря	17 нояб- ря	8 фев- ря	Убыль (в %)
Кислая почва (без удобрения)	6,45	6,50	3,9	2,6
То же + NK	7,18	5,70	3,7	2,0
» » + PK	6,80	6,2	4,8	1,4
» » + NPK	8,4	6,5	3,2	3,3
» » + NPK + CaCO ₃	10,6	6,8	3,8	3,0
Окультуренная почва	8,42	8,2	3,9	4,3

Примечание. Растения зимовали под слоем снега 10 см.

гемицеллюлоз (в %) в корневых шейках клевера в конце января было несколько выше (на 0,5—3,49%), чем в ноябре, и что расходование этих углеводов отстает от расходования растворимых сахаров и крахмала. Однако это еще не значит, что гемицеллюлозы в процессе зимовки не используются. Подсчет абсолютного количества гемицеллюлоз в корневых шейках клевера показывает, что их количество в процессе зимовки уменьшается даже при увеличении относительного содержания (табл. 123).

Таблица 123

Содержание гемицеллюлоз в корневых шейках 100 растений клевера зимой 1961/62 г.

Вариант опыта	Осень (в г)	Зима		Убыль гемицел- люлоз (в %)
		в г	в %	
Кислая почва (без удобрения)	0,74	0,48	65,0	35,0
То же + N	0,23	0,14	61,0	39,0
» » + NK	0,27	0,10	37,1	62,9
» » + NPK	1,16	0,84	72,4	27,6
» » + NPK + CaCO ₃	1,59	1,30	81,8	18,2

Содержание гемицеллюлоз в растениях клевера зависит не только от свойств почвы и удобрений, но и от высоты снегового покрова (табл. 124).

Таблица 124

Влияние высоты снегового покрова на содержание гемицеллюлоз в корневых шейках клевера зимой 1961/62 г.
(в % на сухое вещество)

Вариант опыта	17 нояб- ря	8 февраля	
		10 см	100 см
Кислая почва (без удобрения)	6,50	3,9	5,5
То же + NK	5,70	3,7	4,6
» » + PK	6,19	4,8	7,5
» » + NPK	6,53	3,2	5,9
» » + NPK + CaCO ₃	6,80	3,8	3,9
Окультуренная почва	8,17	3,9	4,2

Данные таблицы показывают, что процентное содержание гемицеллюлоз в корневых шейках клевера под слоем снега 100 см было значительно выше, чем под слоем снега 10 см, так как в первом случае более интенсивно использовались растворимые сахара. Поэтому общее содержание сухих веществ под покровом снега 100 см понизилось, а процентное содержание гемицеллюлоз повысилось.

Содержание гемицеллюлоз в листьях, корневых шейках и корнях клевера осенью было почти одинаковым. При анализе зимой наблюдалась иная картина.

В корневых шейках и корнях клевера процентное содержание гемицеллюлоз несколько повысилось, а в листьях резко понизилось. Так, на кислой почве без удобрений осенью в листьях содержалось гемицеллюлоз 11,4%, а 20 января всего 4,2%, по полному удобрению соответственно 12,9 и 4,2%, а по извести и полному удобрению — 11,3 и 4,4%.

Резкое уменьшение гемицеллюлоз в листьях клевера зимой позволяет заключить, что в процессе их отмирания гемицеллюлозы гидролизуются и перемещаются в корневые шейки и корни растений.

В опытах с люцерной получены аналогичные результаты. Исследование динамики крахмала в корнях люцерны изложено в таблице 125.

Содержание крахмала в корнях люцерны в зависимости от почвенных условий и удобрения (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	21 июля	5 сентября	31 октября	25 января	27 февраля	30 марта	Убыль крахмала с сентября по март (в %)
	1961 г.			1962 г.			
Слабоокультуренная почва I + NPK	4,4	23,87	15,72	10,02	5,85	5,65	18,22
То же + CaCO ₃ + NPK . .	4,61	17,88	11,56	7,39	3,82	2,47	15,41
Слабоокультуренная почва II + NPK	4,49	27,24	19,30	10,97	5,40	6,52	20,72
То же + CaCO ₃ + NPK . .	3,43	18,57	11,76	8,26	3,41	4,50	14,07
Хорошо окультуренная почва + NPK	3,36	16,68	11,02	6,94	2,79	4,50	12,18

Наибольшее количество крахмала в корнях люцерны наблюдалось на кислых почвах, способствующих гибели растений. На почве, известкованной и хорошо окультуренной, крахмала в корнях люцерны было меньше, чем на кислой слабоокультуренной почве. Таким образом, на известкованной и хорошо окультуренной почве крахмала накапливается меньше, а зимостойкость растений выше.

Содержание крахмала в корнях люцерны подвержено значительным колебаниям. Наименьшее количество его летом, а наибольшее — в сентябре. К концу октября вместе с понижением температуры содержание этого углевода резко уменьшилось и продолжало падать до конца зимы.

Большой интерес представляют собой данные по влиянию свойств почвы на расходование крахмала в процессе зимовки. Из таблицы 125 видно, что использование крахмала растениями, выращенными на известкованных и окультуренных почвах, было более экономным, чем на кислых почвах. Так, за период с 5 сентября по 31 марта содержание крахмала на слабоокультуренной кислой почве уменьшилось на 18,22%, а на той же почве, получившей известь, — на 15,41%. Меньше всего израсходовано крахмала в растениях, выращенных на хорошо окультуренной почве, — 12,18%.

Сопоставление содержания растворимых сахаров и крахмала показывает, что соотношение их в растениях изменяется во времени. Наибольшее количество крахмала в корнях люцерны наблюдалось 5 сентября, затем к 30 октября вместе с понижением температуры количество его резко понизилось. Между тем в это время содержание растворимых сахаров резко возросло. В течение зимы количество растворимых сахаров и крахмала уменьшилось, но в разной степени. Крахмал в процессе зимовки уменьшался значительно интенсивнее, чем растворимые сахара. Так, содержание крахмала за зимний период понизилось (на разных вариантах) на 12—20%, а содержание растворимых сахаров — на 0,55—8,42%.

Таким образом, зимой люцерна больше всего использует крахмал, который, подвергаясь гидролизу, пополняет запасы растворимых сахаров, идущих на дыхание растений. Поэтому содержание растворимых сахаров осенью (в процессе закалки) резко возрастает, а затем снижается незначительно.

Количество различных углеводов во время зимовки растений уменьшается неодинаково (табл. 126).

Таблица 126

Содержание углеводов в корневых шейках люцерны за зимний период в зависимости от свойств почвы и удобрения

Вариант опыта	Уменьшение или увеличение количества углеводов (в % на сухое вещество)			
	моносахариды	сахароза	крахмал	гемипеллюлозы
Слабоокультуренная почва I + NPK	+0,147	-4,75	-18,22	-1,27
То же + CaCO ₃ + NPK	+0,05	-7,72	-15,41	+0,61
Слабоокультуренная почва II + NPK	+3,56	-3,67	-20,72	-0,41
То же + CaCO ₃ + NPK	+0,30	-6,45	-14,07	+0,15
Хорошо окультуренная почва + NPK	-0,38	-8,04	-12,18	+0,75

Зимой в растениях люцерны больше всего уменьшается крахмал. Второе место по убыли за зимний период занимает сахароза. Содержание моносахаридов в процессе зимовки изменяется незначительно. На некоторых

вариантах моносахаридов в корнях люцерны в конце зимы было даже больше, чем перед уходом в зиму. Из этого следует, что зимой почти постоянное содержание моносахаридов в корнях люцерны поддерживалось благодаря гидролизу крахмала и сахарозы. Следовательно, важнейшим источником энергетического материала для люцерны является крахмал. Содержание гемицеллюлоз за зимний период в корнях люцерны изменилось незначительно. Есть основания предполагать, что в течение зимы растения используют и гемицеллюлозы. Если бы абсолютное количество гемицеллюлоз оставалось без изменения, то содержание их (в %) по отношению к сухому веществу возрастало, так как содержание сахарозы и крахмала в процессе зимовки резко уменьшилось.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЙ И УСЛОВИЙ ЗИМОВКИ НА АКТИВНОСТЬ ИНВЕРТАЗЫ В ЗИМУЮЩИХ РАСТЕНИЯХ КЛЕВЕРА И ЛЮЦЕРНЫ

Использование сахаров растениями на дыхание и другие жизненные процессы тесно связано с деятельностью ферментов. Инвертаза (сахараза, или В-фруктозидаза) катализирует расщепление сахарозы на глюкозу и фруктозу. Вполне понятно, что активность инвертазы оказывает большое влияние на превращение и использование сахаров. В свою очередь, активность инвертазы в растениях, как показали наши опыты с клевером, люцерной, озимой рожью и озимой пшеницей, находится в большой зависимости от свойств почвы, удобрений, высоты снегового покрова и других факторов. Все это вместе взятое не может не отразиться на зимостойкости и урожае растений.

Чтобы выяснить активность инвертазы в зимующих растениях клевера, мы в течение трех зим (1958/59, 1959/60 и 1961/62 гг.) проводили опыты, результаты которых изложены в таблицах 127 и 128.

Активность инвертазы в течение осеннего и зимнего периодов 1958/59 г. существенно изменяется, но все это время остается на высоком уровне. Гидролитическая активность фермента на хорошо окультуренной почве была значительно ниже, чем на кислой слабоокультуренной почве с повышенным содержанием подвижных форм

Таблица 127

Активность инвертазы в корневых шейках клевера зимой 1958/59 г. (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)

Вариант опыта	23 ок- тября	24 ноября	21 января	10 марта
Кислая почва (без удобрения) . . .	236	86	217	257
То же + РК	116	152	113	327
» » + NPK + Al	157	172	198	517
» » + Al	197	226	285	350
» » + NPK + CaCO ₃	192	113	157	185
Окультуренная почва	166	86	146	98

Примечание. Растения зимовали под слоем снега 30 см.

Таблица 128

Активность инвертазы в корневых шейках клевера зимой 1959/60 г. (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)

Вариант опыта	12 ок- тября	17 ноября	20 де- кабря	8 фев- раля	21 марта
Кислая почва (без удобрения) . . .	57,7	80,0	71,4	251,0	109,1
То же + NK	108,2	100,1	90,5	189,5	88,5
» » + РК	151,1	41,6	65,0	196,0	28,0
» » + NPK	62,8	65,9	57,0	—	76,7
» » + NPK + CaCO ₃	37,8	58,1	75,5	208,0	41,2
Окультуренная почва	31,8	32,1	60,0	95,5	27,3

Примечание. Растения зимовали под слоем снега 30 см.

алюминия, недостатком усвояемого фосфора и другими неблагоприятными свойствами. Внесение извести на кислой почве (на фоне NPK) уменьшило гидролитическую активность инвертазы, а внесение алюминия сопровождалось увеличением ее. Результаты опытов других лет также подтверждают это.

Азотно-калийные удобрения на кислой слабоокультуренной почве повышают гидролитическую активность инвертазы в осенний период. В зимнее время четких результатов мы не получили. Фосфорные удобрения на фоне

азотно-калийных во всех случаях понижали гидролитическую активность фермента.

Механизм действия фосфора на гидролитическую активность инвертазы пока не совсем ясен. В растениях одновременно идет синтез и гидролиз сахарозы. При этом, как установили исследования А. Л. Курсанова (1940) и других авторов, синтез сахарозы усиливается в присутствии фосфорной кислоты. Таким образом, фосфорная кислота способствует синтезу сахарозы, а инвертаза гидролизует ее. В результате этих противоположных процессов количество инвертированного сахара в растениях при внесении фосфорных удобрений и на хорошо окультуренной почве, богатой усвояемым фосфором, относительно меньше, чем на почве с недостатком фосфора.

Фосфорные удобрения усиливают синтез сахарозы. В этом случае даже при неизменной активности инвертазы количество инвертированного сахара в растениях будет меньше, чем при недостатке фосфора.

Активность инвертазы при внесении извести, как правило, понижается. Известь устраняет излишнюю кислотность почвы, подвижные формы алюминия и улучшает фосфатное питание, способствуя синтезу сахарозы. Подвижные формы алюминия, как показали наши опыты, тормозят процесс перехода моносахаридов в дисахариды и другие, более сложные органические соединения. Этим, по нашему мнению, можно объяснить тот факт, что при внесении извести, как правило, понижается гидролитическая активность инвертазы.

В 1961—1962 гг. для постановки вегетационного опыта мы взяли почву с участка многолетнего опыта, заложенного в 1951 г., в котором изучали эффективность минеральных удобрений в зависимости от известкования и применения навоза. Опытный участок был разбит на две части: на одной эффективность удобрений изучали на кислой слабоокультуренной почве, а на второй — на фоне извести по полной гидролитической кислотности и навоза, который внесен дважды за 10 лет в дозе 30 т на 1 га. Минеральные удобрения в форме аммиачной селитры, суперфосфата и хлористого калия применяли ежегодно по 60 кг действующего вещества на 1 га.

Удобрения и известь резко изменили агрохимические свойства почвы. Азотные и азотно-калийные туки ухудшили ее: почти вдвое увеличилась обменная кислотность,

содержание подвижного алюминия повысилось с 9,9 до 17,3—22,0 мг на 100 г почвы.

Под влиянием извести и навоза актуальная кислотность (рН) поднялась с 4,4 до 5,2, гидролитическая кислотность понизилась с 7,68 до 3,58 м.-экв. на 100 г почвы. Степень насыщенности основаниями увеличилась с 50,7 до 72,6%, а содержание подвижных форм алюминия уменьшилось до безвредного количества.

В полевых условиях клевер на кислой почве и особенно на делянках, удобренных азотными и азотно-калийными туками, в значительной мере погиб и дал низкий урожай, а на известкованной почве он хорошо сохранился, и во все годы опытов с этих делянок получали высокий урожай — 60,0—80,0 ц с 1 га.

В вегетационном опыте клевер первого года жизни более или менее удовлетворительно рос на контрольном варианте и на почве с калием и полным минеральным удобрением и очень хорошо — на известкованной почве. Состояние клевера после зимовки представлено на рисунках 16 и 17.

На почве, которая в течение десяти лет получала азотные и азотно-калийные удобрения, клевер в процессе зимовки погиб. Неудовлетворительно сохранился он на кислой почве и на других вариантах, где не вносили известь. Клевер полностью сохранился и дал хороший урожай на почве, удобренной навозом и известью.

Активность инвертазы определяли в корневых шейках, в листьях и корнях клевера (табл. 129).

Таблица 129

Активность инвертазы в растениях клевера зимой 1961/62 г. (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)

Вариант опыта	20 ноября			17 января		
	листья	корневые шейки	корни	листья	корневые шейки	корни
Кислая почва (без удобрения)	190,8	133,0	614,0	1048,0	328,0	1682,0
То же + N	891,0	831,0	935,0	1060,0	708,0	1841,0
» » + K	400,0	246,0	990,0	1650,0	809,0	1890,0
» » + NK	388,0	356,0	946,0	1450,0	449,0	1490,0
» » + NPK	232,0	98,5	605,0	985,0	126,0	985,0
» » + NPK + CaCO ₃	178,0	46,1	519,0	886,0	145,0	840,0



Рис. 16. Влияние окультуренной почвы на перезимовку клевера.

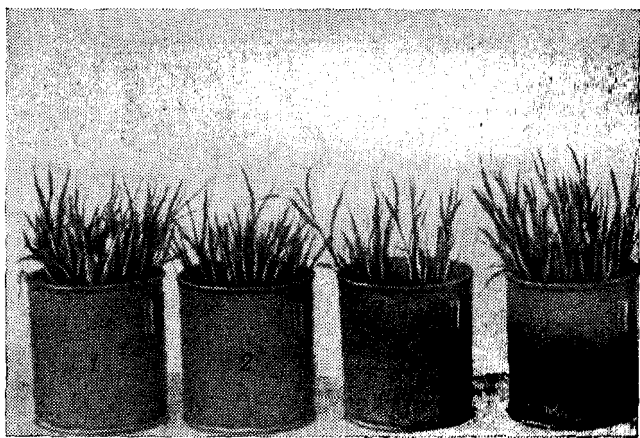


Рис. 17. Влияние кислой почвы на перезимовку клевера.

Из данных таблицы видно, что ухудшение свойств почвы азотными и азотно-калийными удобрениями резко повысило гидролитическую активность инвертазы осенью и зимой в листьях, корнях и корневых шейках клевера. Фосфорные удобрения на кислой почве, внесенные совместно с азотом и калием, значительно понизили гидролитическую активность фермента. Еще больше уменьшилась активность инвертазы при выращивании клевера на известкованной почве с полным минеральным удобрением. Аналогичные результаты были получены и в опытах 1958/59 и 1959/60 гг.

Наивысшая активность инвертазы в растениях клевера как осенью, так и зимой наблюдается в корнях, наименьшая — в корневых шейках; активность фермента в листьях занимает среднее положение. Следует отметить, что активность инвертазы зимой была значительно выше, чем осенью.

Кроме свойств почвы и удобрений, на действие инвертазы влияет высота снегового покрова, то есть температурные условия (табл. 130).

Т а б л и ц а 130

Влияние высоты снегового покрова на активность инвертазы в корневых шейках клевера (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)

Вариант опыта	27 января 1959 г.		8 февраля 1960 г.	
	Снеговой покров (в см)			
	10	100	10	100
Кислая почва (без удобрения)	96	325	64,0	344,0
То же + NK	—	—	58,4	209
» » + PK	172	250	56,6	166
» » + NK + Al	—	—	—	—
» » + PK + Al	229	312	—	—
» » + NPK	—	—	70,0	194
» » NPK + CaCO ₃	85,6	325	64,2	76
Окультуренная почва	23,0	325	45,0	89,0

Активность инвертазы в растениях под слоем снега 100 см во всех вариантах за два года опыта была значительно выше по сравнению с активностью фермента

в клевере под слоем снега 10 см. В зоне корневых шеек клевера в первом случае температура в течение зимы колебалась от 0 до -2° , а во втором — она опускалась до $-10-14^{\circ}$. Следовательно, повышение температуры зимой сопровождается увеличением активности инвертазы.

Весьма интересные результаты получены и в опытах с люцерной. Исследование проведено на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве и на хорошо окультуренной почве огородного типа, агрохимическая характеристика которых дана в начале раздела. Результаты опытов с люцерной изложены в таблице 131.

Таблица 131

Влияние почвенных условий на динамику гидролитической активности инвертазы в корнях люцерны (в мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества)

Вариант опыта	5 сентября	31 октября	10 декабря	25 января	27 февраля	30 марта
Слабоокультуренная почва I + NPK	84,0	15,5	63,9	122,0	155,8	140,6
То же + CaCO ₃	119,0	Нет	22,6	30,7	50,0	81,25
Слабоокультуренная почва II + NPK	134,0	16,10	50,2	51,4	71,2	82,7
То же + CaCO ₃	157,0	Нет	Нет	24,4	30,6	23,3
Хорошо окультуренная почва + NPK	215,0	Нет	Нет	23,6	28,1	22,5

В период интенсивного роста люцерны (5 сентября) известкование и хорошая окультуренность почвы значительно повысили активность инвертазы.

Иная картина наблюдалась после наступления низких температур. В течение всей зимы активность фермента в растениях люцерны, произрастающих на известкованной и хорошо окультуренной почве, была ниже, чем на кислой почве. Так, 31 октября в люцерне на кислой почве активность инвертазы равнялась 15,5, а при известковании той же почвы активность фермента обнаружить не удалось. В феврале известкование на слабоокультуренной почве I понизило активность инвертазы в

3 раза, а на слабоокультуренной почве II — в 2,5 раза. Наименьшая гидролитическая активность инвертазы в растениях люцерны зимой наблюдалась на хорошо окультуренной почве огородного типа.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ И ПЕРОКСИДАЗЫ В ЗИМУЮЩИХ РАСТЕНИЯХ КЛЕВЕРА И ЛЮЦЕРНЫ

В наших исследованиях было установлено, что в нечерноземной зоне стойкость клевера и его урожай прежде всего зависят от свойств почвы. На известкованных и окультуренных почвах клевер не выпадает и дает хороший урожай, а на кислых почвах с избытком подвижных форм алюминия и марганца и недостатком фосфора он погибает не только зимой, но и в безморозные весенне-летний и осенний периоды.

Н. М. Сисакян и Б. А. Рубин (1939) полагают, что гибель растений при низких температурах обуславливается необратимым смещением ферментативных реакций в сторону гидролиза. Они установили (1939), что катионы и анионы оказывают существенное влияние на активность ферментов. С. А. Каспарова на основании данных своих опытов считает, что зимостойкость клевера зависит не только от накопления углеводов в органах, но и от устойчивости ферментной системы.

Чтобы более полно выяснить причины гибели клевера на кислых почвах, мы изучили биохимические процессы, протекающие в растениях в зависимости от свойств почвы и удобрений.

Окислительно-восстановительные процессы, протекающие в растительном организме, находятся в тесной зависимости от активности ферментов — каталазы и пероксидазы.

Каталаза разлагает образующуюся при дыхании растений перекись водорода на воду и молекулярный кислород. Окисление органических соединений протекает под воздействием пероксидазы, которая осуществляет эту реакцию с помощью перекиси водорода или органических перекисей.

Есть основания полагать, что от активности названных ферментов зависит и стойкость растений в процессе

перезимовки. Однако данные по этому вопросу, приведенные в немногочисленной литературе, противоречивы. Так, Ф. Ф. Юхимчук (1960) и В. Н. Рыбак (1960) считают, что чем меньше активность каталазы, тем больше зимостойкость клевера. А. Ф. Маринчик и А. Т. Курбатова (1960) доказывают обратное на примере зимостойкого Бийского клевера, активность каталазы в растениях которого примерно вдвое выше, чем у слабозимостойких сортов. Д. Ф. Проценко и Е. М. Богомаз (1960) нашли, что активность каталазы у яблони всегда выше в древесине морозостойких сортов.

Влияние свойств почвы на активность каталазы и других ферментов до сих пор не было изучено. В наших опытах с клевером мы получили следующие результаты (табл. 132).

Т а б л и ц а 132

Активность каталазы в листьях и корневых шейках клевера
(в мл кислорода на 0,1 г сухого вещества)

Вариант опыта	Листовые пластинки				Корневые шейки	
	17 июля	31 июля	10 сентября	23 октября	23 октября	24 ноября
Кислая почва (без удобрения)	30,8	37,3	43,0	27,4	18,3	3,4
То же + РК	41,7	52,0	57,8	34,4	19,9	4,1
» » + РК + Al	45,1	37,0	68,5	29,4	16,8	3,0
» » + Al	27,1	44,0	89,5	29,3	20,8	4,0
» » + Мп	35,7	58,0	67,6	25,8	18,9	3,2
» » + НРК + СаСО ₃	149,4	166,7	72,4	34,0	17,3	4,1
Окультуренная почва	93,7	154,0	80,0	36,0	14,0	2,8

Активность каталазы на известкованной и окультуренной почве значительно выше, чем на кислой. Следовательно, благоприятные почвенные условия увеличивают активность фермента, а свойства почвы, способствующие гибели растений, резко понижают ее.

Возможно, что гибель клевера на кислых почвах зависит от слабой активности каталазы, в результате чего

в растениях скопляется перекись водорода, отравляющая их. В растениях на известкованных и окультуренных почвах каталаза более активна, что обеспечивает устранение избытка перекиси водорода и, следовательно, предотвращает отравление клевера.

Опыты показали, что активность каталазы в листьях значительно выше, чем в корневых шейках. Наивысшая активность каталазы в листьях наблюдалась в сентябре. С наступлением холодов действие фермента резко падает. Это особенно наблюдается при понижении температуры в зоне корневых шеек клевера.

Влияние свойств почвы на активность каталазы в корнях люцерны показано в таблице 133 (опыт 1961/62 г.).

Таблица 133

Влияние свойств почвы и удобрений на активность каталазы (в куб. см кислорода на 1 г сырого вещества)

Вариант опыта	5 сентября	31 октября	10 декабря	25 января	30 марта	Уменьшилось с 31 октября по 30 марта	
						в куб. см	в % от исходного количества
Слабоокультуренная почва I + NPK	18,5	31,8	37,2	13,6	8,0	23,8	75
То же + CaCO ₃ + NPK . . .	24,8	46,0	47,5	21,6	13,4	32,6	70
Слабоокультуренная почва II + NPK	19,0	37,3	40,2	25,6	9,4	27,9	75
То же + CaCO ₃ + NPK . . .	25,0	48,1	45,2	28,0	18,5	29,6	62
Хорошо окультуренная почва + NPK	34,2	50,0	47,5	36,7	25,0	25,0	50

Известкование кислой почвы сопровождается значительным повышением активности каталазы. Такая закономерность отмечена во все сроки наблюдения — осенью или в течение всей зимы. Существенное влияние на действие каталазы оказывают свойства почвы. Так, активность фермента в корнях люцерны на кислой слабо-

окультуренной почве I без извести ниже, чем на слабо-окультуренной почве II. Наибольшая активность каталазы наблюдалась в растениях, произрастающих на хорошо окультуренной почве огородного типа.

Активность каталазы в течение зимы резко изменялась: с 31 октября по 30 марта активность ее на разных вариантах опыта понизилась на 50—75%. Действие фермента зимой особенно уменьшилось на кислых слабо-окультуренных почвах. Известкование сохраняет активность каталазы на более высоком уровне. Особенно высокой активность каталазы была в корнях растений, выросших на хорошо окультуренной почве.

Проведен ряд исследований о связи активности пероксидазы с перезимовкой растений. М. М. Окунцов и О. Ф. Аксенова (1960) считают, что при понижении температуры роль пероксидазы возрастает. В зимнее время этот фермент имеет решающее значение в дыхании растений. Усиление активности пероксидазы увеличивает зимостойкость растений, которые и зимой способны добывать энергию, необходимую для поддержания их жизнедеятельности.

Другие авторы, А. Г. Михайловский и И. В. Борзак-овская (1960), считают, что при понижении температуры активность пероксидазы резко уменьшается. Весной активность каталазы значительно возрастает, а пероксидазы продолжает падать. А. Ф. Маринчик и А. Т. Курбатова (1960) установили, что активность пероксидазы у клевера зимой очень высокая.

В опытах С. А. Каспаровой (1942) было показано, что с понижением активности пероксидазы падает зимостойкость клевера. По ее данным, более зимостойкие сорта клевера характеризуются большей активностью пероксидазы при снижении температуры.

Влияние удобрений на действие пероксидазы изучала Т. С. Сахарова (1960). По ее данным, фосфорные и калийные удобрения повышают активность фермента.

Работ по изучению влияния свойств почвы, удобрений и высоты снегового покрова на активность пероксидазы нам не известно. Результаты наших исследований этого вопроса изложены в таблице 134.

С наступлением холодов активность пероксидазы не понижается, как активность каталазы, а резко возрастает и остается на высоком уровне в течение всей зимы.

Активность пероксидазы в корневых шейках клевера зимой 1959/60 г. в зависимости от свойств почвы, удобрений и высоты снегового покрова (в относительных единицах плотности по Бояркину)

Вариант опыта	12 октября	17 ноября	Растения зимовали под покровом снега (в см)							
			10			30			100	
			20 декабря	8 февраля	21 марта	20 декабря	8 февраля	21 марта	8 февраля	21 марта
Кислая почва (без удобрения)	36,5	35,8	20,0	64,0	36,0	21,8	70,0	25,1	35,3	74,3
То же + NK	36,1	47,6	21,8	58,4	40,2	22,5	53,9	32,1	35,4	48,3
» + PK	32,1	53,4	23,4	56,6	27,5	23,8	61,1	36,9	42,8	62,5
» + NPK	37,6	48,7	23,3	70,0	31,3	—	67,1	44,4	27,5	77,8
» + NPK + CaCO ₃	20,6	39,6	22,4	64,2	43,1	—	70,0	39,3	30,0	36,8
Окультуренная почва	27,4	35,0	23,9	45,0	35,0	21,0	72,2	24,1	25,4	56,0

Действие пероксидазы в корневых шейках клевера зависит от свойств почвы. В растениях, выросших на кислой слабокультуренной почве, активность фермента, как правило, выше, чем в растениях на хорошо окультуренной почве.

Внесение в почву алюминия и марганца, которые ухудшают свойства почвы, повышает активность пероксидазы, а известкование в большинстве случаев сопровождается понижением ее активности.

Результаты опытов по влиянию свойств почвы и удобрений на активность пероксидазы в корнях люцерны изложены в таблице 135.

Таблица 135

Активность пероксидазы в корнях люцерны в зависимости от свойств почвы и удобрений (опыт 1961/62 г.) (в относительных единицах плотности по Бояркину)

Вариант опыта	5 сентября	31 октября	10 декабря	25 января	27 февраля	30 марта	Уменьшилось с 31 октября по 30 марта	
							в единицах плотности	в % от исходного количества
Слабокультуренная почва I + NPK . .	107,1	142,0	150,0	85,7	150,0	142,8	0,0	0,0
То же + CaCO ₃ + NPK	93,3	130,4	130,0	75,0	133,9	88,2	41,8	32
Слабокультуренная почва II + NPK . .	93,3	120,0	130,0	68,1	115,3	80,2	39,8	33
То же + CaCO ₃ + NPK	83,3	100,0	107,0	68,1	88,3	72,3	27,3	27
Хорошо окультуренная почва + NPK	83,3	88,2	100,0	68,1	82,4	66,6	21,6	24

Свойства почвы и удобрения влияют и на изменение активности пероксидазы в процессе зимовки растений, но в обратном направлении, чем на активность каталазы. Если в кислой слабокультуренной почве без известки активность каталазы наиболее понизилась, то активность пероксидазы совсем не уменьшилась. Известкование же этой почвы понизило активность пероксидазы за зимний период на 32%.

Следовательно, известкование кислых почв и другие приемы окультурирования повышают активность каталазы

и понижают активность пероксидазы. При этом активность каталазы за зимний период больше уменьшилась на кислой слабоокультуренной почве без известкования, а пероксидазы — на известкованной и хорошо окультуренной почве и совсем не понизилась на кислой почве без известки.

Таким образом, во всех опытах свойства почвы, способствующие гибели растений (избыточная кислотность, подвижные формы алюминия и марганца, недостаток фосфора), резко понижают активность каталазы и повышают активность пероксидазы.

В плохих почвенных условиях восстановительные процессы в растениях задерживаются. Преобладание окислительных процессов над восстановительными приводит к интенсивному использованию пластических веществ, к старению растений, а при неблагоприятных условиях и к их гибели.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ АЗОТИСТЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ ЛЮЦЕРНЫ И КЛЕВЕРА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

В процессе зимовки растений в них изменяется и содержание азотистых веществ. Некоторые авторы (В. Н. Рыбак, 1960; А. Г. Михайловский и И. В. Борзаковская, 1960; Т. С. Сахарова, 1960; Н. Г. Сулейманов, 1960) отмечают, что в зимнее время уменьшается количество белков и увеличивается содержание небелкового азота.

Наши исследования показали, что свойства почвы, удобрения и условия зимовки оказывают большое влияние на содержание и динамику азотистых веществ. Результаты наших опытов изложены в таблице 136.

Растения, выращенные на хорошо окультуренной почве, как и следовало ожидать, содержали больше белковых веществ. В процессе зимовки количество белкового азота уменьшилось, а количество небелковых форм возросло. При этом использование азотистых веществ в течение зимы было различным в зависимости от свойств почвы и удобрений (табл. 137).

Содержание азота в растениях клевера, выращенных на окультуренной почве и на почве, получившей известь

Содержание азота (в %) в корневых шейках клевера зимой в зависимости от свойств почвы и удобрений

Вариант опыта	Общий азот				Небелковый азот				Белковый азот			
	27 октября	24 ноября	27 января	2 марта	27 октября	24 ноября	27 января	2 марта	27 октября	24 ноября	27 января	2 марта
Кислая почва (без удобрения)	5,2	3,7	3,7	3,7	1,71	1,98	1,91	2,3	3,52	1,7	1,77	1,45
То же + РК	4,1	3,8	3,5	3,7	2,3	1,84	1,51	2,2	1,84	1,8	1,99	1,54
» + РК + Al	4,1	—	3,3	3,7	1,6	2,28	2,76	3,0	2,54	—	1,53	0,76
» + NPK + CaCO ₃	5,0	4,4	3,4	4,3	1,8	2,06	2,12	2,8	3,14	2,4	1,32	1,53
Окультуренная почва + NPK	5,8	4,2	3,4	3,8	1,7	2,12	2,06	2,4	4,13	2,1	1,37	1,46

Примечание. Растения зимовали под слоем снега 10 см.

Таблица 137

Содержание общего азота в корневых шейках клевера осенью и в конце зимы (в %) в зависимости от свойств почвы и удобрения

Вариант опыта	Осенью	Растения зимовали под слоем снега (в см)					
		30		10		100	
		общий азот в конце зимы	прибавка или убыль (в %)	общий азот в конце зимы	прибавка или убыль (в %)	общий азот в конце зимы	прибавка или убыль (в %)
Кислая почва (без удобрения)	5,23	3,90	-1,33	3,7	-1,5	4,15	-1,05
То же + PK	4,13	3,60	-0,53	3,5	-0,6	4,10	±0,0
» » + PK + Al	4,13	3,60	-0,53	3,3	-0,8	4,0	-0,1
» » + Al	3,54	4,0	+0,46	—	—	—	—
» » + Mn	5,30	4,10	-1,20	—	—	—	—
» » + NPK + CaCO ₃	5,00	3,70	-1,30	3,4	-1,6	3,58	-1,42
Окультуренная почва	5,84	3,98	-1,86	3,4	-2,4	3,75	-2,05

и полное минеральное удобрение, понизилось значительно больше, чем на кислой почве и на почве с алюминием. Если на кислой почве при внесении алюминия количество азотистых веществ за зиму уменьшилось на 0,1—0,8%, то на известкованной и хорошо окультуренной почве — на 1,3—2,4%.

На слабоокультуренной кислой почве при внесении алюминия азота в конце зимы содержалось даже больше, чем осенью.

Аналогичное явление наблюдалось и в опытах с озимой рожью и озимой пшеницей. Изменение содержания белковых и небелковых форм азота в растениях клевера показано в таблице 138.

В растениях на хорошо окультуренной и на известкованной почве с полным минеральным удобрением белковых веществ содержалось значительно больше, чем в растениях на кислых почвах и при внесении алюминия.

Следовательно, благоприятные почвенные условия способствуют переходу белков в небелковые формы азота и более полному их использованию в процессе

Содержание белкового и небелкового азота (в %) в корневых шейках клевера осенью и в конце зимы в зависимости от свойств почвы и удобрений

Вариант опыта	Осень		Слой снега 30 см				Слой снега 10 см				Слой снега 100 см			
	белковый азот	небелковый азот	содержание азота в конце зимы		прибавка или убыль азота (в %)		содержание азота в конце зимы		прибавка или убыль азота (в %)		содержание азота в конце зимы		прибавка или убыль азота (в %)	
			белкового	небелкового	белкового	небелкового	белкового	небелкового	белкового	небелкового	белкового	небелкового	белкового	небелкового
Кислая почва (без удобрения)	3,52	1,71	1,22	2,70	-2,30	+0,99	1,45	2,3	-2,07	+0,59	1,64	2,51	-1,88	+0,80
То же + РК	1,84	2,29	1,65	2,00	-0,13	-0,29	1,54	2,2	-0,30	-0,1	2,01	2,10	+0,15	-0,20
» + РК + Al	2,54	1,59	0,85	2,80	-1,69	+1,21	0,76	3,0	-1,78	+1,4	1,65	2,35	-0,89	+0,75
» + Al	0,94	2,60	1,15	2,80	+0,21	+0,20	—	—	—	—	—	—	—	—
» + Мп	2,21	3,09	1,63	2,40	-0,58	-0,69	—	—	—	—	—	—	—	—
» + NPK + CaCO ₃	3,14	1,86	1,40	2,30	-1,74	+0,44	1,53	2,8	-1,61	+1,0	1,53	2,05	-1,61	+0,25
Окультуренная почва	4,13	1,71	1,78	2,20	-2,35	+0,49	1,46	2,4	-2,67	+0,7	1,55	2,20	-2,58	+0,50

зимовки. Переход белковых веществ в небелковые формы азота предохраняет белки от денатурации.

В таблице 138 приведено содержание белкового и небелкового азота в люцерне в зависимости от свойства почвы и удобрения. В растениях на известкованной и хорошо окультуренной почве содержание общего и бел-

Таблица 139

Содержание азотистых веществ в корнях люцерны в течение осеннезимнего периода в зависимости от почвенных условий (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	5 сентября			31 октября			10 декабря		
	общий	белковый	небелковый в % к общему	общий	белковый	небелковый в % к общему	общий	белковый	небелковый в % к общему
Слабоокультуренная почва I + NPK	0,87	0,35	40,2	1,10	0,32	29,1	1,10	0,29	26,4
То же + CaCO ₃	1,43	0,62	43,3	2,07	0,94	40,6	2,03	0,96	47,2
Слабоокультуренная почва II + NPK	0,92	0,35	38,1	1,09	0,32	31,0	1,08	0,27	25,0
То же + CaCO ₃	1,56	0,62	39,6	2,24	1,01	45,1	2,23	0,84	37,6
Хорошо окультуренная почва + NPK	1,81	0,67	37,0	2,60	1,12	43,1	2,66	1,33	49,8

Продолжение

Вариант опыта	25 января			27 февраля			30 марта		
	общий	белковый	небелковый в % к общему	общий	белковый	небелковый в % к общему	общий	белковый	небелковый в % к общему
Слабоокультуренная почва I + NPK	1,22	0,33	27,1	1,19	0,40	33,6	1,30	0,28	21,4
То же + CaCO ₃	2,20	1,12	50,8	2,18	1,28	58,5	2,35	1,30	55,3
Слабоокультуренная почва II + NPK	1,24	0,33	26,6	1,10	0,32	29,0	1,21	0,30	24,8
То же + CaCO ₃	2,06	1,22	59,2	2,20	1,27	57,8	3,07	1,56	50,8
Хорошо окультуренная почва + NPK	2,50	1,39	56,6	2,81	1,29	46,0	3,04	1,48	48,8

кового азота было выше, чем в растениях на кислой почве. При этом перед уходом люцерны в зиму количество растворимых форм азота по отношению к общему азоту на всех вариантах опыта было в пределах 40%. С наступлением холодов положение резко изменилось. В это время содержание растворимых форм азота в растениях, выращенных на известкованных и хорошо окультуренных почвах, было значительно выше, чем в растениях, выращенных на кислых почвах. В конце зимы (30 марта) растворимых форм азота в растениях на известкованных и хорошо окультуренных почвах было примерно в 5 раз больше, чем в растениях на кислых почвах (табл. 139).

Существенный интерес представляет влияние свойств почв на изменение количества растворимых форм азота во времени. Сводные данные наших исследований этого вопроса изложены в таблице 140.

Таблица 140

Изменение содержания небелкового азота в корнях люцерны за зиму 1961/62 г. (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	5 сентября	30 марта
Слабоокультуренная почва I + NPK	0,35	0,28
То же + СаСО ₃	0,62	1,30
Слабоокультуренная почва II + NPK	0,35	0,30
То же + СаСО ₃	0,62	1,56
Хорошо окультуренная почва + NPK	0,67	1,48

Содержание небелкового азота в корнях люцерны на кислой слабоокультуренной почве I и II с 5 сентября по 30 марта понизилось на 15—20%. Между тем на тех же почвах при внесении извести и на хорошо окультуренной почве количество растворимых форм азота увеличилось в 2—2,5 раза.

Таким образом, наши опыты показали, что при благоприятных почвенных условиях растения полнее используют белковые вещества, чем на кислой почве с алюминием в подвижной форме. В этом мы видим одну из причин повышения зимостойкости клевера на известкованной и хорошо окультуренной почве.

Синтез и гидролиз белков катализируют протеолитические ферменты. Результаты наших исследований активности протеолитических ферментов в зависимости от свойств почвы и удобрения изложены в таблице 141.

Таблица 141

Активность протеолитических ферментов в растениях клевера в зависимости от свойств почвы, удобрений и высоты снегового покрова (в мг аминного азота на 1 г сухого вещества)

Вариант опыта	Растения зимовали под слоем снега 30 см			Растения зимовали под слоем снега 10 см		
	листья	корневые шейки	корни	листья	корневые шейки	корни
Кислая почва (без удобрения)	6,76	1,49	2,59	0,0	0,34	0,52
То же + N	7,68	2,80	2,60	—	—	—
» » + K	3,12	1,12	1,68	—	—	—
» » + NPK	3,78	2,15	3,16	—	—	—
» » + NPK	4,78	4,61	3,20	4,02	0,72	2,05
» » NPK + CaCO ₃	2,56	5,12	3,21	2,22	1,31	1,37

Примечание. Пробы растений клевера были взяты 17 января 1962 г.

Свойства почвы и удобрения оказывают существенное влияние на активность протеолитических ферментов. Азот повышает активность протеолитических ферментов как при одностороннем внесении, так и на фоне калийных удобрений.

Калийные туки понижают активность протеолитических ферментов, а фосфорные, так же как и азотные, повышают ее.

Известкование почвы увеличивает действие ферментов в корневых шейках, но несколько понижает их активность в листьях (зимой).

Активность протеолитических ферментов зависит от температурных условий. Температура под слоем снега 10 см в декабре и январе достигала -12° , в то время как под слоем снега 100 см она колебалась от 0 до -2° . Как видно из данных таблицы 141, активность протеолитических ферментов под покровом снега 10 см бы-

ла значительно ниже, чем активность под слоем снега 100 см. Следовательно, с понижением температуры активность протеолитических ферментов уменьшается.

Результаты опытов с люцерной также показали, что известкование кислых почв и их окультуривание, увеличивая активность протеолитических ферментов в растениях, способствуют переводу белкового азота в небелковый. Например, в январе на кислой почве без извести в корнях люцерны содержалось растворимого азота 0,33%, активность протеолитических ферментов равнялась 0,18 мг аминного азота, а при внесении извести на той же почве соответственно 1,12% и 1,88 мг аминного азота. Аналогичные данные получены и на слабоокультуренной почве II. Таким образом, известкование кислых почв способствует увеличению растворимых форм азота в период зимовки растений.

ВЫВОДЫ

1. Клевер и люцерна имеют большое значение для повышения плодородия дерново-подзолистых почв и урожайности всех культур в нечерноземной зоне СССР.

2. Выпадение клевера и люцерны на кислых дерново-подзолистых почвах — большое препятствие к успешному их использованию для подъема урожайности и решения кормовой проблемы в нечерноземной зоне.

3. Гибель клевера и люцерны происходит не только зимой, но и в другие периоды их роста и развития.

4. Главной причиной выпадения клевера и люцерны в нечерноземной зоне СССР является не прямое воздействие низких температур, как полагали ранее, а почвенные условия.

5. Весьма сильное влияние на клевер и люцерну оказывает кислотность почвы. Растения, выращенные на кислой почве, за зимний период выпадают, в то время как растения, выращенные на нейтральной среде, при тех же температурных условиях полностью сохраняются.

6. Гибель клевера и люцерны в большой степени зависит от содержания в почве алюминия и марганца в растворимой форме. При одинаковых дозах вредное действие алюминия проявляется сильнее, чем марганца.

7. На кислых почвах азотные удобрения усиливают выпадение клевера.

8. Нитраты и сульфаты более благоприятны для клевера и люцерны, чем хлориды и аммиачные формы.

9. Известкование кислых почв резко увеличивает стойкость и урожай клевера и люцерны, а также улучшает качество сена, так как при этом возрастает удельный вес клевера и содержание белка в сене.

Наряду с внесением обычной извести вразброс рекомендуется применять и небольшие дозы (2 ц на 1 га) в рядки при посеве.

10. В нечерноземной зоне СССР решающим фактором стойкости клевера и люцерны против неблагоприятных условий внешней среды является окультуренная почва, отличающаяся слабокислой реакцией, отсутствием алюминия в подвижной форме, небольшим количеством марганца, хорошими физическими свойствами, достаточным количеством питательных веществ; клевер и люцерна на такой почве хорошо сохраняются зимой и во все периоды вегетации.

На неокультуренной дерново-подзолистой почве, характеризующейся значительной кислотностью, избытком алюминия и марганца, плохими физическими свойствами, недостатком питательных веществ, наблюдается массовое выпадение этих культур.

11. Кислая реакция среды, подвижные формы алюминия и другие неблагоприятные свойства почвы нарушают углеводный и белковый обмен веществ в растениях, а это понижает устойчивость клевера и люцерны против неблагоприятных факторов и делает их восприимчивыми к различным болезням.

12. Стойкость клевера и люцерны зависит от продолжительности их нахождения под покровной культурой. Чем меньше травы находятся под покровом, тем они более стойки против неблагоприятных факторов внешней среды и тем продолжительнее их жизнь.

13. Стойкость клевера и люцерны связана с особенностями их питания фосфором. Клевер в течение первого года жизни усваивает труднорастворимые фосфаты очень слабо, а на второй год эта способность у него резко возрастает.

Слабая способность клевера усваивать труднорастворимые фосфаты — одна из основных причин низкой

его устойчивости против кислой реакции почвенного раствора и содержания подвижных форм алюминия.

14. Свойства почвы, удобрения и условия зимовки оказывают большое влияние на биохимические процессы, протекающие в растениях. От направления и интенсивности этих процессов зависят устойчивость и урожай клевера.

15. Запас растворимых сахаров в растениях клевера и люцерны перед уходом в зиму не определяет их зимостойкости.

16. При благоприятных почвенных условиях растения используют растворимые сахара экономнее, чем при неблагоприятных.

17. Под большим покровом снега клевер и люцерна расходуют растворимые сахара интенсивнее, чем под малым.

18. Гидролитическая активность инвертазы в растениях клевера на хорошо окультуренной почве значительно ниже, чем в растениях, произраставших на кислых почвах с избытком алюминия и марганца в подвижной форме и недостатком фосфора.

19. Известкование кислых почв понижает гидролитическую активность инвертазы в растениях клевера.

20. Наивысшая активность инвертазы у клевера наблюдается в корнях, наименьшая — в корневых шейках.

21. Активность инвертазы в растениях, зимовавших под слоем снега 100 см, значительно выше, чем под слоем снега 10 см.

22. Зимостойкость растений клевера и люцерны связана с использованием крахмала и гемицеллюлоз.

23. Среди углеводов крахмал занимает первое место по расходованию его в процессе зимовки. Использование гемицеллюлоз происходит медленнее, чем растворимых сахаров и крахмала.

24. При выращивании растений в благоприятных почвенных условиях крахмал расходуется экономнее, чем при выращивании их на почве, способствующей гибели растений.

25. Крахмал используется наиболее экономно растениями клевера и люцерны, зимовавшими под покровом снега 30 см, а наиболее интенсивно — под покровом снега 10 см.

26. Почвенные условия, способствующие зимостойкости растений, увеличивают активность каталазы, а свойства почвы, вызывающие гибель растений (излишняя кислотность, подвижные формы алюминия и др.), резко понижают ее.

27. Активность пероксидазы в клевере и люцерне повышается, если растения возделывать на почвах, способствующих их гибели. При плохих почвенных условиях в растениях ослабляются восстановительные и усиливаются окислительные процессы.

28. Благоприятные почвенные условия способствуют переходу белковых веществ в небелковые формы, что предохраняет их от денатурации при низких температурах.

29. На окультуренных почвах растения в процессе зимовки полнее используют белковые вещества, чем на кислой почве, содержащей алюминий в подвижной форме.

30. Азотные и фосфорные удобрения повышают действие протеолитических ферментов, а калийные понижают его. Активность протеолитических ферментов уменьшается при понижении температуры.

31. Чтобы предотвратить гибель клевера и люцерны и резко повысить их урожайность, нужно известковать кислые почвы, применять навоз, торфяные компосты, фосфорные и калийные удобрения, зеленое удобрение, строго соблюдать правильную агротехнику, выделять специальные семенные участки. В лугопастбищных и прифермских севооборотах рекомендуется посев клевера и люцерны под покров культур, убираемых на зеленый корм.

IV. СТОЙКОСТЬ И УРОЖАЙ ЯРОВЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА СТОЙКОСТЬ И УРОЖАЙ ЯРОВЫХ КУЛЬТУР

На предыдущих страницах этой книги мы показали, что озимые культуры погибают не только от низких температур, ледяной корки, вымокания и выпревания. В зоне дерново-подзолистых почв зимой и в безморозное время года гибель озимых культур, клевера и люцерны происходит чаще всего от неблагоприятных свойств почвы.

В свете этого положения возникает вопрос: какое влияние оказывают свойства почвы и удобрения на стойкость яровых культур?

Обычно о гибели яровых культур говорят при градобитии, массовом появлении вредителей (саранча, долгоносик, совка и др.), засухе. Между тем яровые культуры гибнут и от других причин, хотя этого почти не замечают.

Бывают, однако, случаи, когда массовую гибель яровых культур наблюдают и в производственных условиях. Так, в колхозе «Заря коммунизма» Солнечногорского района Московской области в 1954 г. посеяли 30 га ячменя, получили хорошие всходы, а через две недели ячмень полностью погиб. Градобития и массового появления вредителей не было. Специалисты колхоза не могли определить причины гибели ячменя. Наши исследования показали, что это произошло от неблагоприятных почвенных условий (рН почвы 4,0—4,2; содержание подвижного алюминия в ней — свыше 10 мг на 100 г почвы).

Подобные случаи полной гибели яровых культур встречаются редко, а частичную их гибель можно наблюдать постоянно.

Кроме уже названных причин, частичную гибель яровых культур вызывают недостаток или избыток влаги и питательных веществ в почве, токсичные выделения почвенных микроорганизмов, недостаточное освещение и другие неблагоприятные факторы.

Представление о размерах гибели яровой пшеницы дает таблица 142, составленная по материалам Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур.

Таблица 142

Стойкость яровой пшеницы (данные Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур за ряд лет)

Область	Сортоучасток	Сорт	Число растений на 1 кв. м		Погубо растений за вегетационный период (в %)	Почва
			в период всходов	перед уборкой		
Московская	Можайский	Московка	512	269	47	Дерново-подзолистая
»	»	»	386	289	25	То же
Тульская	Тульский	Люте-сценс 62	439	362	16	Слабоподзолистая
»	»	Московка	539	401	28	То же
»	»	»	404	314	28	» »
Брянская	Поченский	Люте-сценс 62	356	201	43	Серая лесная
»	»	Артемовка	441	218	50	То же
»	»	»	465	235	49	» »
Калужская	Малоярославецкий	Люте-сценс 62	615	372	40	Дерново-слабоподзолистая
»	»	»	547	270	51	То же
»	»	»	428	253	41	То же
Винницкая	Вишицкий	Арнаутка	378	307	19	Светло-серая оподзоленная
»	»	Артемовка	409	330	24	То же
»	Таргородский	»	484	269	44	» »
»	»	Арнаутка	429	254	41	» »
»	»	Гордеи-форме 46	501	334	34	» »

Подсчеты растений после появления полных всходов и перед уборкой проведены работниками сортоучастков, а выписки из их отчетов сделала наша аспирантка Е. Папмель. Как видно из данных таблицы, гибель яровой пшеницы в процессе вегетации наблюдалась во всех опытах и колебалась от 16 до 51 %. Между тем никаких стихийных бедствий при проведении этих опытов не было.

Причины гибели яровых культур от градобития, болезней и вредителей общеизвестны, но влияние свойств почвы и удобрений на их стойкость почти не изучено. Между тем, как показали наши исследования, эти факторы оказывают весьма сильное влияние на стойкость растений.

Автор и его сотрудники в Московском государственном университете провели ряд опытов. Один из них поставлен в полевых условиях на небольших делянках (8 кв. м) с ячменем и овсом. Эти культуры отличаются разной чувствительностью к кислой реакции и другим неблагоприятным свойствам дерново-подзолистых почв. Наиболее устойчив овес.

Опыты были заложены на кислой слабоокультуренной дерново-подзолистой почве (рН 4,5, подвижного алюминия 10 мг на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований 5,4 м.-экв. на 100 г почвы) без удобрений и на той же почве с НРК, внесенным из расчета 60 кг на 1 га действующего вещества. В качестве контроля взята почва припарникового участка, которая в результате систематического применения органических удобрений стала хорошо окультуренной. Агрохимическая характеристика ее следующая: рН солевой вытяжки 5,8, гидролитическая кислотность 1,2 м.-экв. на 100 г, подвижных форм алюминия нет, содержание гумуса 6,12 %. Таким образом, растения произрастали на различных почвах.

Результаты опыта изложены в таблице 143.

На кислой слабоокультуренной почве растений овса и ячменя погибло более 50 %, а на хорошо окультуренной почве — 27—29 %. Из этого следует, что кислые слабоокультуренные почвы способствуют большей гибели яровых растений, чем хорошо окультуренные. При этом гибель отдельных растений на окультуренной почве полностью компенсирована кущением. Продуктивное кущение у ячменя на окультуренной почве составило 4,12, а

Таблица 143

Влияние свойств почвы и удобрения на стойкость ячменя и овса

Вариант опыта	Число растений		Поглоблo расте- ний (в %)	Коэффициент кущения	
	в период полных всходов	при уборке		общий	продук- тивный
Я ч м е н ь					
Кислая почва (без удобрений) . .	476	206	53	2,01	1,09
То же + NPK	488	209	53	2,43	1,49
Хорошо окультуренная почва + + NPK	404	280	29	4,37	4,12
О в е с					
Кислая почва (без удобрений) . .	490	211	56	2,21	1,40
То же + NPK	481	231	52	2,39	1,55
Хорошо окультуренная почва + + NPK	413	257	37	3,45	3,12

на кислой — всего 1,09. Таким образом, ко времени уборки на окультуренной почве на 1 кв. м произрастало 1154 колосоносных стебля, а на кислой — всего 224. Аналогичные результаты получены и в опыте с овсом.

В одном из наших опытов мы изучали влияние известкования на урожай яровой пшеницы. Опыт был заложен на кислой почве (рН солевой вытяжки 4,6), произвесткованной по полной гидролитической кислотности. Посев проведен сеялкой поперек делянок. Количество высеянных семян и всходов было одинаковым как на кислой, так и на известкованной почве. Однако подсчет растений перед уборкой показал, что на делянках без известки их было на 40% меньше, чем на известкованных делянках.

Большой интерес в этом отношении представляет опыт с турнепсом, проведенный на Агробиологической станции МГУ в 1953 г. на кислой и слабоокультуренной почве (рН солевой вытяжки 4,6, содержание подвижного алюминия 9,5 мг на 100 г почвы). В этом опыте изучали эффективность минеральных удобрений при систематическом их применении на кислых и известкованных поч-

вах. Опыт был заложен в 1951 г. На одной половине участка опыта внесена известь по полной гидролитической кислотности и 30 т на 1 га навоза, а на другой известь и навоз не вносили. После известкования и удобрения навозом рН солевой вытяжки поднялся до 6,3, алюминий в подвижной форме исчез. Минеральные удобрения — сернокислый аммоний, калийная соль и суперфосфат — вносили ежегодно из расчета 60 кг на 1 га действующего вещества.

Турнепс высевали сеялкой поперек делянок. Количество высеянных семян на всех вариантах опыта было одинаковым. Перед уборкой подсчитали число оставшихся на делянках растений вместе с удаленными при прорывке (табл. 144).

Таблица 144

Влияние свойств почвы и удобрений на стойкость растений турнепса (полевой опыт Агробиологической опытной станции МГУ)

Вариант опыта	Число уцелевших растений на делянке 80 кв. м.		Эффективность известкования * (в %)
	шт.	в % к контролю	
Кислая почва (без удобрения)	1661	100,0	100,0
То же + N	1061	63,8	100,0
» » + K	1700	102,3	100,0
» » + NK	1458	87,8	100,0
» » + NPK	1462	88,0	100,0
» » + CaCO ₃	1804	108,6	108,6
» » + CaCO ₃ + N	2302	138,5	217,0
» » + CaCO ₃ + K	2823	169,9	193,5
» » + CaCO ₃ + NK	2749	165,5	187,8
» » + CaCO ₃ + NPK	2825	170,0	193,2

* Сравниваются аналогичные варианты с известью и без извести.

Действие минеральных удобрений на стойкость растений турнепса зависит от свойств почвы: на кислой слабокультуренной дерново-подзолистой почве азотные удобрения уменьшили стойкость турнепса, а калий и фосфор существенного влияния не оказали. На той же почве после внесения извести и навоза все виды минеральных удобрений в 2 раза повысили стойкость растений.

В свою очередь, положительное действие извести сильнее всего проявилось на фоне минеральных удобрений. Если одна известь повысила стойкость турнепса на 8,6%, то известь и минеральные удобрения — на 87,7—117%. Следовательно, стойкость растений турнепса увеличилась не только от уменьшения кислотности, содержания подвижных форм алюминия и других неблагоприятных свойств почвы, но и от увеличения питательных веществ в ней.

Влияние различных удобрений на стойкость турнепса и кормовой свеклы мы изучали в другом опыте на Агробиологической станции МГУ. Результаты опыта изложены в таблице 145.

Таблица 145

Влияние удобрений на стойкость турнепса и кормовой свеклы (опыт Агробиологической станции МГУ)

Вариант опыта	Число уцелевших растений на делянке 80 кв. м			
	турнепс		кормовая свекла	
	шт.	%	шт.	%
Кислая почва (без удобрения)	1626	100,0	1152	100,0
То же + N	1193	72,7	775	67,2
» » + K	2496	153,5	1337	115,2
» » + NK	1553	95,5	811	70,4
» » + NPK	2168	133,4	1842	160,0

Опыт проведен на участке с кислой слабоокультуренной почвой, куда в течение пяти лет вносили минеральные удобрения из расчета 60 кг на 1 га действующего вещества. В результате систематического применения минеральных удобрений на кислой почве эффективность их начала падать. Прибавка урожая овса и картофеля от внесения азота и калия значительно снизилась, а урожай чувствительных к почвенной кислотности культур — свеклы и турнепса — под влиянием азотных удобрений оказался ниже, чем на делянках без удобрений. Особый интерес в этом опыте представляет явная зависимость стойкости растений от различных удобрений. Азотные туки при систематическом их применении

на кислой почве резко уменьшили стойкость турнепса и кормовой свеклы, а калийные и фосфорные — значительно увеличили ее.

Для выяснения влияния удобрений на стойкость яровых растений в весенне-летний период интерес представляет наш опыт со столовой свеклой, проведенный в 1951 г. на кислой (рН солевой вытяжки 4,6) слабоокультуренной почве и на почве огородного типа (рН солевой вытяжки 6,5). Огородная почва отличалась не только слабой кислотностью, но и большим запасом питательных веществ. При посеве опытных делянок в рядки были внесены азотные и калийные удобрения из расчета 10 кг, а фосфорные — 15 кг на 1 га действующего вещества. Результаты опыта изложены в таблице 146.

Таблица 146

Влияние рядкового удобрения на стойкость столовой свеклы
(опыт Агробиологической станции МГУ)

Вариант опыта	Число уцелевших растений на 10 пог. м рядка	
	шт.	%
Кислая почва (без удобрения)	10,3	100,0
То же + N	9,7	94,1
» » + K	40,9	39,7
» » + NK	31,8	308,7
» » + NK + CaCO ₃	99,3	964,1
» » + NPK	43,5	422,3

На сильнокислой почве столовая свекла росла плохо, и многие растения ее погибли, что также зависело и от удобрения, внесенного в рядки: азот понижал устойчивость растений, а калий и фосфор повышали ее. Отрицательное действие азотных удобрений на стойкость растений столовой свеклы проявлялось как при внесении раздельно, так и на фоне калия и фосфора.

Особенно резкое положительное действие на стойкость растений столовой свеклы наблюдалось при совместном внесении извести, азотных и калийных удобрений. В этом случае количество растений уцелело в 9,5 раза больше, чем на делянках без удобрений.

В этом же году проведен посев столовой свеклы на почве огородного типа (припарниковый участок). Подсчет растений в этом опыте показал, что гибели столовой свеклы на окультуренной почве не было. На всех вариантах опыта — без удобрений и с минеральными удобрениями в рядках — густота стояния растений была нормальной и везде одинаковой. Эти опыты еще раз наглядно показали, что стойкость яровых растений значительно зависит от свойств почвы. Минеральные удобрения на кислых почвах оказывают большое влияние на стойкость растений, а на почвах окультуренных их влияние невелико.

В 1954 г. мы провели подсчет густоты стояния ячменя и овса на делянках, где изучали эффективность минеральных удобрений в зависимости от окультуренности почв. В этом опыте минеральные удобрения вносили в течение четырех лет на сильнокислой почве (рН 4,6) и на той же почве — после внесения извести и навоза. Посев ячменя и овса проводили сеялкой поперек делянок. Количество высеянных семян было одинаковым на всех вариантах опыта, а количество сохранившихся ко времени уборки растений ячменя было резко различным (табл. 147).

Гибель растений ячменя на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве очень велика. За период полные всходы — созревание на разных вариантах опыта погибло от 44 до 95% растений. Такое положение довольно часто можно наблюдать и на производственных посевах ячменя в колхозах и совхозах нечерноземной зоны.

Размер гибели растений ячменя, как это видно из данных таблицы 147, находится в большой зависимости от внесения извести и удобрений. Если во время появления полных всходов число растений на отдельных вариантах опыта было почти одинаковым, то перед уборкой урожая разница в густоте стояния ячменя достигла очень большой величины. Так, на кислой почве, где в течение четырех лет применяли физиологически кислое удобрение (сульфат аммония), на 1 кв. м уцелело всего 17 растений, что составляет 5% от их числа в период полных всходов. Между тем при внесении калийных и азотно-калийных удобрений на фоне извести на 1 кв. м сохранилось 178—195 растений.

Влияние свойств почвы и удобрений на стойкость растений ячменя (полевой опыт)

Вариант опыта	Число растений				Погибло растений за вегетационный период (в %)
	в период полных всходов		при уборке		
	шт. на 1 кв. м	в % от контроля	шт. на 1 кв. м	в % от контроля	
Кислая почва (без удобрения) . .	337	100	68	100	80
То же + N . . .	342	101	17	25	95
» » + K . . .	331	98	109	160	67
» » + NK . . .	358	106	78	114	78
» » + NPK . .	374	110	74	109	80
» » + CaCO ₃ .	324	96	107	157	67
» » + CaCO ₃ + N	346	103	65	96	81
» » + CaCO ₃ + K	350	103	195	287	44
» » + CaCO ₃ + NK	368	109	178	262	52
» » + CaCO ₃ + NPK	369	109	163	240	56

Известь при внесении ее на кислой дерново-подзолистой почве резко увеличивает стойкость растений ячменя. Число сохранившихся растений на делянках с известью было на 57—187% больше, чем на почве без извести. Азотные удобрения (в аммиачной форме) понижали стойкость ячменя, а калийные — повышали ее.

Таким образом, действие удобрений на стойкость яровых культур аналогично их действию на стойкость озимых при перезимовке.

Устойчивость к неблагоприятным почвенным условиям у различных растений неодинакова. В 1955 г. мы изучали этот вопрос на пяти культурах. Опыты были проведены на кислой слабоокультуренной почве (рН 4,6, содержание подвижного алюминия около 10 мг на 100 г почвы). Первая половина вегетационного периода отличалась избыточным увлажнением, а вторая — засухливостью.

Результаты опытов изложены в таблице 148.

Гибель различных растений в летний период на кислой дерновоподзолистой почве (полевые опыты)

Растения	Погибло растений за вегетационный период (в %)
Овес	38,8
Ячмень	59,2
Пшеница яровая	64,8
Турнепс	54,0
Картофель	0

Данные таблицы показывают, что гибель растений зависит от их особенностей. Яровая пшеница, будучи весьма чувствительной к кислой реакции среды, содержанию алюминия в подвижной форме и к недостатку питательных веществ, за вегетационный период погибла на 64,8%, а картофель при тех же условиях полностью сохранился. Наряду с яровой пшеницей слабой стойкостью обладает и ячмень. Выпадение овса было значительно меньше, чем яровой пшеницы и ячменя. По-видимому, это объясняется тем, что овес более стоек против неблагоприятных условий дерново-подзолистых почв. Кроме этого, овес обладает большей способностью добывать себе пищу из почвы.

Таким образом, опыты с различными культурами, проведенные в течение четырех лет, показали, что свойства почвы и удобрения оказывают большое влияние не только на зимостойкость озимых культур и многолетних трав, но и на стойкость яровых культур в течение всего вегетационного периода.

На сильнокислых почвах, в особенности при систематическом внесении азотных удобрений в аммиачной форме, можно наблюдать значительную гибель яровых растений. Совершенно очевидно, что выпадение озимых культур и многолетних трав после перезимовки и яровых культур — после появления всходов не связано с отрицательным действием мороза, вымоканием и выпреванием. Гибель растений в весенне-летний период зависит от свойств почвы и внесенных удобрений. Кислая реакция среды и сопутствующий ей алюминий в подвижной форме и другие неблагоприятные свойства почвы, а также

недостаток питательных веществ в ней приводят к гибели растений не только зимой, но и в весенне-летний период.

Свойства почвы оказывают большое влияние и на структуру урожая. Результаты вегетационного опыта с ячменем, который проведен на почвах, резко различающихся по своей окультуренности, изложены в таблице 149.

Т а б л и ц а 149

Влияние свойств почвы на структуру урожая ячменя
(вегетационный опыт)

Вариант опыта	Урожай на сосуд (в г)		Коэффициент кущения	Число колосков в одном колосе	Число зерен в одном		Число завязавшихся зерен (в %)	Вес 1000 зерен (в г)
	общий	зерно			колосе	колоске		
Хорошо окультуренная почва (без удобрения)	17,22	8,47	2,5	13,74	11,97	0,88	87,1	48,8
То же + NK . . .	37,63	16,55	4,4	16,17	12,27	0,80	80,5	48,8
» » + NPK . . .	45,93	17,18	5,5	16,64	11,37	0,72	75,3	45,8
Кислая слабоокультуренная почва (без удобрения)	4,44	1,80	1,8	7,02	4,74	0,69	68,6	36,0
То же + NK . . .	1,86	0,44	1,2	4,43	2,71	0,61	60,7	23,5
» » + NK +								
+ CaCO ₃ . . .	12,01	4,87	1,5	15,66	14,90	0,95	95,4	35,4
» » + CaCO ₃ .	11,17	4,84	1,8	15,00	13,06	0,87	87,0	34,1

На хорошо окультуренной почве урожай ячменя был в несколько раз выше, чем на слабоокультуренной. На кислой почве растения кустились слабо, значительно меньше образовали колосков на один колос, процент завязывания зерен был ниже, слабее налилось зерно. Весьма интересные данные получены в вариантах с известью. Под влиянием известкования резко увеличилось число колосков в одном колосе и зерен в одном колосе и в одном колоске. Из этого видно, что известкование кислой почвы оказывает положительное действие на образование генеративных органов и на процесс оплодотворения.

Следовательно, низкое плодородие кислых дерново-подзолистых почв тормозит кущение, нарушает процесс

закладывания генеративных органов (колосьев и колосков), отрицательно влияет на оплодотворение и налив зерна, в результате чего уменьшается урожай.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА ОБМЕН ВЕЩЕСТВ В ЯРОВЫХ РАСТЕНИЯХ

Свойства почвы и удобрения оказывают большое влияние не только на стойкость и структуру урожая растений, но и на обмен веществ в них.

Количество сахаров в растениях на кислой слабо-окультуренной почве, как правило, больше, а белкового азота меньше, чем в растениях, произрастающих на окультуренной почве. Особенно велика разница в содержании моносахаридов. Из этого следует, что под влиянием кислотности почвы процесс превращения моносахаридов в более сложные органические соединения задерживается.

Таким образом, в растениях на кислых почвах сахаров и небелковых форм азота, то есть основного материала для построения сложных органических веществ, в растениях накапливается много, но продуктивно использовать эти вещества они не могут. Весьма интересные результаты по затронутому вопросу получены в наших опытах с турнепсом (табл. 150).

Таблица 150

Влияние свойств почвы на содержание сахаров в различных органах растений турнепса (в % на сухое вещество)

Вариант опыта	Моносахариды		Сумма сахаров		Азот в листьях		
	в листьях	в корне-плодах	в листьях	в корне-плодах	белковый	небелковый	небелковый азот в % от общего
Кислая слабо-окультуренная почва	1,40	29,2	2,74	31,6	3,56	0,64	15,2
Та же почва после внесения извести и навоза	0,50	32,7	1,40	38,7	4,70	0,65	12,1

Опыт был заложен в полевых условиях на кислой (рН 4,6) слабоокультуренной почве. В соответствии с его схемой на отдельные делянки вносили известь по полной гидролитической кислотности и навоз из расчета 30 т на 1 га. В результате этого реакция среды изменилась с рН 4,6 до 6,6, алюминий в подвижной форме исчез, в то время как на делянках без извести его было 9,74 мг на 100 г почвы.

Растения, выращенные на известкованной и унавоженной почве, накапливали в листьях в 2—3 раза меньше сахаров, чем растения на кислой почве. Между тем содержание сахаров в корнеплодах турнепса на известкованной почве выше, чем на кислой. Из этого следует, что совокупность всех свойств кислой слабоокультуренной почвы ослабляет отток сахаров из листьев в корнеплоды.

В листьях растений на кислой почве белков было также меньше, чем на известкованной, а количество небелковых форм азота оказалось одинаковым. Несмотря на наличие исходного материала, построение белков и других сложных органических соединений в растениях на кислых почвах задерживалось.

При подкислении почвы наряду с изменением концентрации водородных ионов изменяются многие ее свойства, в том числе увеличивается содержание подвижных форм алюминия, что оказывает отрицательное влияние на фосфатный обмен в растениях. Для иллюстрации этой мысли приведем результаты анализа растений яровой пшеницы, выращенной на разных почвах — кислой слабоокультуренной и окультуренной (табл. 151).

Общий уровень фосфатного питания растений на кислой почве был примерно в 4 раза ниже, чем на хорошо окультуренной.

Особенно велика разница в содержании таких важных фосфорорганических соединений, как фосфатиды и нуклеопротейды. Увеличение подвижных форм алюминия еще больше угнетает образование нуклеопротейдов.

Таким образом, на кислых слабоокультуренных почвах нарушается углеводный, белковый и фосфатный обмен в растениях.

На слабоокультуренных почвах неблагоприятно складывается и пищевой режим. Запас питательных веществ в дерново-подзолистых почвах невелик, а кислая

Влияние свойств почвы на фосфатный обмен в растениях яровой пшеницы (вегетационный опыт)

Вариант опыта	Содержание P_2O_5 (в % на сухое вещество)		
	общее количество P_2O_5	фосфатиды	нуклеопро-теиды
Кислая слабоокультуренная почва (без удобрения) . . .	0,420	0,059	0,063
То же + NK	0,370	0,060	0,045
» » + NPK	0,956	0,183	0,206
» » + NK + Al	0,360	0,046	0,049
Хорошо окультуренная почва (без удобрения)	1,705	0,294	0,257
То же + NK	1,724	0,288	0,281
» » + NPK	1,671	0,285	0,255
» » + NK + Al	1,692	0,272	0,294

реакция среды и другие неблагоприятные свойства ослабляют жизнедеятельность полезных микроорганизмов — аммонификаторов, нитрификаторов, азотобактера, клостридиума пастерианум и др.

В результате этого перевод питательных веществ в доступное для растений состояние происходит медленно, растения на кислых почвах голодают и не могут дать хороший урожай.

В кислых почвах, как показали исследования кафедры биологии почв МГУ, развиваются токсичные микроорганизмы, продукты жизнедеятельности которых ядовиты для растений. При устранении излишней кислотности условия для токсичных микроорганизмов изменяются в худшую сторону, и они постепенно уступают место полезной микрофлоре.

От свойств почвы зависит и активность ферментов в растениях, что убедительно показали наши многочисленные исследования различных культур. Результаты опытов по влиянию свойств почвы и удобрений на активность инвертазы, которая катализирует углеводный обмен в растениях, изложены в таблице 152.

На кислой почве без удобрения активность инвертазы значительно ниже, чем на окультуренной почве. Дей-

Таблица 152

Влияние свойств почвы и удобрения на активность инвертазы в растениях яровой пшеницы (в мг расщепленной сахарозы на 1 г абсолютно сухого вещества)

Вариант опыта	Кущение			Колошение	
	1957 г.	1958 г.	1959 г.	1957 г.	1958 г.
Кислая почва (без удобрения) . . .	836	1131	3125	875	647
То же + NK . . .	1018	1143	—	1095	737
» » + PK . . .	1217	1589	5148	1321	661
» » + NPK + + CaCO ₃	1014	—	—	1160	—
Хорошо окульту- ренная почва . . .	1429	1213	—	1666	755

ствие фермента значительно повышается и под влиянием полного минерального удобрения. Аналогичные результаты получены в опытах с овсом. Так, активность инвертазы в растениях овса на кислой почве без удобрений составила 916 мг расщепленной сахарозы на 1 г сухого вещества, а в растениях на окультуренной почве — 1730 мг.

Свойства почвы влияют и на активность протеолитических ферментов. Это показывают данные наших двухлетних опытов с яровой пшеницей (табл. 153).

Таблица 153

Влияние свойств почвы и удобрений на активность протеолитических ферментов (в мг аминного азота на 1 г абсолютно сухого вещества)

Вариант опыта	Кущение		Колошение	
	1958 г.	1959 г.	1958 г.	1959 г.
Кислая почва (без удобрения)	4,27	9,75	2,40	3,11
То же + NK	6,43	9,65	2,37	4,93
» » + NPK	9,21	12,94	4,16	4,96
» » + NPK + CaCO ₃ . .	4,52	17,33	3,83	4,88
Хорошо окультуренная почва + NPK	4,43	—	3,59	6,56

Полное минеральное удобрение и, в особенности, фосфор повышают активность протеолитических ферментов. В растениях на хорошо окультуренной почве действие их значительно выше, чем в растениях на кислой слабоокультуренной почве.

В жизни растений большую роль играют ферменты каталазы и пероксидазы.

Результаты опытов, показывающих влияние свойств почвы и удобрений на активность каталазы, изложены в таблице 154.

Таблица 154

Влияние свойств почвы и удобрения на активность каталазы в растениях яровой пшеницы в фазу кущения (объем выделившегося кислорода в куб. см на 1 г абсолютно сухого вещества)

Вариант опыта	1955 г.	1956 г.	1957 г.
Кислая почва (без удобрения)	34,5	42,3	65,1
То же + NK	54,6	77,9	84,7
» » + NPK	71,6	72,7	103,1
» » + NPK + CaCO ₃	41,4	85,8	85,2
Хорошо окультуренная почва + NPK	—	102,5	114,2

Активность каталазы на кислой слабоокультуренной почве значительно ниже, чем на хорошо окультуренной. Азотно-калийные удобрения повышают действие фермента.

Внесение фосфорных удобрений в 1955 и 1957 гг. повысило активность каталазы, а в 1956 г. существенного влияния на действие ее не оказало.

Следовательно, на хорошо окультуренных почвах полнее идет процесс восстановления перекиси водорода до воды и угольной кислоты.

Интенсивность окислительных процессов в растениях, выросших в плохих почвенных условиях, как правило, сильнее, чем в растениях на хорошо окультуренных почвах.

ВЫВОДЫ

1. На кислых дерново-подзолистых почвах гибнут не только озимые культуры и травы, но и яровые растения.

2. Гибель яровых культур зависит от свойств почвы и удобрений. Излишняя кислотность, алюминий в подвижной форме, недостаток питательных веществ понижают стойкость растений, что приводит их к выпадению в весенне-летний период.

3. Известкование кислых дерново-подзолистых почв резко повышает стойкость яровых культур, особенно если вместе с известью вносят навоз и минеральные удобрения.

4. Минеральные удобрения действуют на стойкость яровых культур так же, как на зимостойкость озимых. Азот в аммиачной форме на кислых дерново-подзолистых почвах понижает стойкость многих яровых растений, а калий — повышает ее.

5. Яровые культуры весьма резко различаются стойкостью против неблагоприятных почвенных условий. Одни из них — картофель, овес — более стойки, а другие — пшеница, ячмень — весьма чувствительны к плохим почвенным условиям.

6. Свойства почвы оказывают большое влияние и на структуру урожая: на кислых дерново-подзолистых растения плохо закладывают генеративные органы, процессы оплодотворения и налива зерна проходят слабо.

7. От свойств почвы зависит обмен веществ в растениях. На кислых дерново-подзолистых почвах в растениях ослаблен синтез белков, фосфатидов и нуклеопро-теидов.

8. Свойства почвы оказывают воздействие и на активность ферментов в растениях. В неблагоприятных почвенных условиях активность инвертазы, каталазы и протеолитических ферментов понижается, а активность пероксидазы повышается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уровень земледелия и урожай растений зависят от многих условий. Первостепенное значение имеют почвы и климат, механизация и электрификация сельского

хозяйства, структура посевных площадей, химизация, замена несортных семян высокоурожайными сортами, высокая агротехника, борьба с вредителями и болезнями, планирование и организация производства и т. д. Перечисленные факторы действуют во всех зонах.

Наша работа посвящена одному вопросу — влиянию свойств дерново-подзолистых почв и удобрений на стойкость и урожай растений. Многочисленный экспериментальный материал, изложенный в книге, показывает, что на кислых дерново-подзолистых почвах наблюдается массовая гибель озимых и яровых культур. При этом озимые растения гибнут не только зимой, но и в безморозный весенне-летний период.

Основная причина этого явления — низкое плодородие почв (недостаток питательных веществ, излишняя кислотность, высокое содержание алюминия и марганца в подвижной форме, во многих районах избыточное увлажнение, благоприятные условия для токсических микроорганизмов и неблагоприятные для полезных и т. д.).

Если перечисленные недостатки ликвидировать, то это позволит резко увеличить стойкость растений и поднять урожайность сельскохозяйственных культур в нечерноземной зоне в 3—4 раза.

Агрономическая наука уже сейчас располагает многими приемами, которые устраняют неблагоприятные свойства дерново-подзолистых почв. Достаточно подробно это изложено в нашей работе «Повышение плодородия кислых почв».

Здесь же кратко остановимся на мероприятиях, позволяющих резко увеличить стойкость и урожай растений в нечерноземной зоне Советского Союза.

В создании изобилия сельскохозяйственных продуктов первостепенное значение имеет химизация сельского хозяйства. В Программе КПСС сказано: «Осуществить последовательную химизацию сельского хозяйства — полностью удовлетворить его потребности в минеральных удобрениях... Обеспечить во всех колхозах и совхозах наилучшее использование местных удобрений».

Ресурсы удобрений в Советском Союзе огромны: наша страна занимает первое место в мире по запасам

агрономических руд. Мы имеем, по подсчетам геологов, около 20 млрд. тонн фосфоритов и апатитов. Еще больше запасы калийных удобрений.

Приведем данные о росте производства удобрений в Советском Союзе (в тыс. тонн):

1913 г. — 89	1952 г. — 6401,3
1928 г. — 136,4	1953 г. — 6978,0
1932 г. — 920,8	1954 г. — 8082,8
1939 г. — 3562,0	1955 г. — 9669,5
1948 г. — 3471,0	1959 г. — 12916,2
1949 г. — 4589,3	1960 г. — 13900,0
1950 г. — 5497,1	1961 г. — 15300,0
1951 г. — 5930,8	1963 г. — 20000,0

Цифры ясно показывают быстрый рост производства минеральных удобрений в нашей стране. Еще более бурными темпами оно будет развиваться в период построения коммунизма. Это — могучий фактор повышения плодородия почвы и урожайности всех сельскохозяйственных культур, а стало быть, и огромное средство создания материально-технической базы коммунизма.

О роли удобрений в производстве продукции сельского хозяйства можно судить по следующим данным. Установлено, что одна тонна азота дает дополнительно 15—20 т зерна пшеницы и ржи, 120 т картофеля, 100 т сахарной свеклы, 12 т хлопка-сырца, 2,5 т льна (волокно), а одна тонна пятиоксида фосфора — 20—25 т пшеницы или ржи, 80 т картофеля, 70 т сахарной свеклы, 6 т хлопка-сырца, 2 т льна (волокно). Намного увеличивают урожай и калийные удобрения.

Даже небольшие дозы минеральных туков, внесенные рациональными способами, дают большие прибавки урожая. Так, 50 кг гранулированного суперфосфата на 1 га при внесении в рядки повышают урожай зерновых во всех зонах СССР на 2,5—3 ц с 1 га. Использование этого приема на площади 100 млн. гектаров дает дополнительно 1,5 млрд. пудов зерна. Для этого потребуется 5 млн. тонн суперфосфата. Подкормка озимых культур аммиачной селитрой в дозе 0,7 ц на 1 га увеличивает урожай на 3 ц с 1 га, а от подкормки фосфорными и калийными удобрениями эта прибавка возрастает до 5 ц на 1 га и более. При посеве озимых в нашей стране на площади 40 млн. гектаров подкормка их минеральными

удобрениями даст дополнительно около миллиарда пудов зерна.

Большое значение имеет применение самого дешевого минерального удобрения — фосфоритной муки, причем не только для компостирования ее с навозом и торфом, но и для непосредственного внесения в почву.

Огромные приросты урожая дает навоз и другие местные удобрения. Сейчас в Советском Союзе ежегодно вывозят на поля около 400 млн. тонн навоза. В будущем применение его возрастет в несколько раз. Произойдет это потому, что резко поднимется урожайность и увеличится поголовье животных. Можно предположить, что в ближайшие 5—7 лет количество используемого на удобрение навоза достигнет 1 млрд. тонн. Это позволит получить дополнительно несколько миллиардов пудов зерна и других продуктов сельского хозяйства.

В нашей стране имеются колоссальные запасы торфа (свыше 150 млрд. тонн), которые представляют собой богатейший источник органических удобрений.

Торф в чистом виде малоэффективен. Его следует рассматривать как сырье для приготовления всевозможных компостов — торфо-навозных, торфо-фекальных, щелочных, компостов, обогащенных минеральными удобрениями. Такие компосты по своей эффективности не уступают хорошему навозу. В ближайшее время в Советском Союзе для удобрения почвы ежегодно будут добывать более 150 млн. тонн торфа. В дальнейшем добыча его возрастет. Вполне понятно, что использование торфа на удобрение — крупный фактор повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных растений.

Для увеличения урожайности будут использованы и другие компосты — навозно-земляные, компосты из мусора, а также многие местные удобрения — вивианит, сапропели и т. д.

Хорошими удобрениями служат отбросы коммунального хозяйства городов и рабочих поселков — сточные воды, фекальные массы, дворовый мусор, осадки на полях фильтрации. Сточные воды нужно использовать на полях орошения, а не на полях фильтрации, как это делают теперь в большинстве городов. Поля орошения необходимо резко расширить. Хорошим примером в этом отношении может служить Люберецкий район Московской области, где при использовании сточной жидкости

на полях орошения в короткий срок увеличил урожайность сельскохозяйственных растений примерно втрое. Из фекальных масс, дворового мусора и других отбросов следует готовить компосты.

По подсчетам Д. Н. Прянишникова, содержание азота в отбросах 230 млн. человек можно принять равным 1100 тыс. тонн. А это количество эквивалентно 5500 тыс. тонн азотных удобрений (в стандартных туках). Кроме того, в фекальных массах содержится много фосфора, калия и других питательных элементов, а также органическое вещество бесчисленного количества микроорганизмов, которые, попадая в почву, резко повышают ее биологическую активность и плодородие. В настоящее время необходимо резко увеличить использование этого источника удобрения полей, который является крупным резервом повышения урожайности сельскохозяйственных растений.

Большое значение имеет расширение посевов бобовых культур, так как они дают не только богатые белками продукты для питания человека и животных, но и значительно повышают плодородие почвы, обогащая ее азотом, усвоенным из атмосферы.

Д. Н. Прянишников придавал огромное значение биологическому азоту в земледелии СССР, который он считал основным. Конечно, вместе с ростом химической промышленности доля технического азота будет возрастать. Однако следует сказать, что нельзя противопоставлять азот технический азоту биологическому. Биологический азот по существу даровой, так как расходы на возделывание бобовых культур полностью окупаются.

По данным Д. Н. Прянишникова, обогащение почвы азотом различных бобовых культур характеризуется следующими величинами (в кг на 1 га): клевер красный (при хорошем урожае) — 150—160, люцерна — 300, донник — 200, вика с пшеницей — 80, соя — 127, горох с овсом — 57, фасоль — 71, зернобобовые культуры — от 50 до 80. По его подсчетам, при возделывании бобовых культур на площади 27 млн. га (а сейчас ими засевают около 30 млн. га) будет получено из воздуха 4,1 млн. тонн азота, что эквивалентно 20,5 млн. тонн азотных удобрений (в стандартных туках), то есть во много раз больше, чем изготавливает в настоящее

время вся химическая промышленность Советского Союза.

Посевы бобовых культур следует расширять и для зеленого удобрения, эффективность которых почти такая же, как и навоза. Среди культур на зеленое удобрение первое место занимают люпины. В последние годы в нашей стране разработан новый, весьма действенный способ использования люпина одновременно на удобрение и на корм. Выведенный селекционерами безалкогольный люпин (однолетний и многолетний) можно с успехом скормливать животным (он дает 250—400 ц с 1 га богатой белками зеленой массы), а корневые остатки и отаву запахивать в почву, что существенно повысит урожай последующих культур.

Большим резервом повышения плодородия почв и урожайности является известкование. В нашей стране имеется много миллионов гектаров кислых почв, на которых использование извести нельзя заменить никакими другими приемами. По нашим подсчетам, известкование кислых почв, имеющихся в СССР, обеспечит ежегодно дополнительный сбор урожая до одного миллиарда пудов. К сожалению, до недавнего времени этому эффективному приему у нас уделяли мало внимания.

Существенным вкладом в повышение урожайности сельскохозяйственных растений являются бактериальные удобрения и микроудобрения.

Для рационального использования удобрений большое значение имеют почвенно-агрохимические исследования. Цель их состоит в том, чтобы дать производству необходимые данные о свойствах почвы для лучшего применения удобрений и других агроприемов. Вносить удобрения без знания почв — значит удобрять вслепую.

В результате такого использования удобрений значительная часть их (до одной трети) не дает должной отдачи и даже пропадает зря. Необходимо создать агрохимическую службу, которая должна дать агрохимическую характеристику почв всего Советского Союза и осуществлять постоянный контроль за изменением почвенного плодородия. Однократная агрохимическая характеристика почв не может удовлетворить полностью потребности сельского хозяйства, так как плодородие почв с течением времени меняется.

В зоне дерново-подзолистых кислых почв наряду с картограммами кислотности, обеспеченности почв фосфором и калием в усвояемой форме нужно составлять картограммы содержания подвижного алюминия. Это позволит решить ряд важных для практики вопросов.

Во-первых, на почвах с большим содержанием подвижных форм алюминия известкование нужно проводить в первую очередь. Во-вторых, на таких почвах следует вносить более высокие дозы извести. В-третьих, картограммы позволяют рационально разместить сельскохозяйственные культуры в хозяйстве с учетом их чувствительности к алюминию в подвижной форме.

Чтобы суметь использовать огромную массу удобрений, необходимо механизировать погрузку, транспортировку и внесение их.

Земледелие в нечерноземной зоне находится пока на недостаточно высоком уровне. Между тем здесь мы имеем возможность получать урожаи не меньше, а больше, чем в черноземной полосе.

В этой связи следует напомнить высказывание Д. Н. Прянишникова о значении нечерноземной зоны в земледелии Советского Союза. В своей работе «Резервный миллиард» Д. Н. Прянишников писал: «Если прежде расширение наших посевов шло к югу и юго-востоку, в сторону земель, не требующих удобрения, то теперь наибольший интерес представляет другое направление в рассмотрении культурной площади, связанное с новым фактором — химизацией земледелия. А если распахан уже весь чернозем, лежащий в полосе достаточного увлажнения, то нам теперь предстоит обратить внимание на тот климатический район и на почвы, на которых Западная Европа исключительно построила свое интенсивное хозяйство, а именно: на нечернозем, не знающий засухи и способный при удобрении давать устойчивые урожаи порядка 30 ц зерна с гектара».

Эти мысли Д. Н. Прянишникова не только не утратили своего значения в настоящее время, но приобрели наибольшую актуальность.

О резервном миллиарде Д. Н. Прянишников говорил в 1929 г., когда не было возможности в достаточном количестве применять минеральные и известковые удобрения и использовать другие приемы земледелия. Сейчас мы можем коренным образом улучшить свойства

дерново-подзолистых почв и при осуществлении названных выше мероприятий в нечерноземной зоне будет не один резервный миллиард пудов зерна, о котором мечтал Д. Н. Прянишников.

На дерново-подзолистых почвах можно повысить урожайность по сравнению с современным уровнем по крайней мере на 10 ц с 1 га. Площадь нечерноземной зоны европейской части СССР составляет около 45 млн. га. Простые подсчеты показывают, что такое увеличение урожайности дает около трех миллиардов пудов зерна и другой сельскохозяйственной продукции (в пересчете на зерно).

Увеличение кормовой базы в этой зоне пойдет в основном за счет высокоурожайных культур: картофеля, сахарной свеклы и богатых белками бобовых. Значительный удельный вес будут иметь и зерновые культуры, необходимые населению и как концентрированный корм животным. Однако следует иметь в виду, что высокоурожайные культуры в то же время и высокотребовательные культуры. На кислых малоплодородных почвах они не могут использовать своих больших потенциальных возможностей.

Это обстоятельство настоятельно требует системы мероприятий по резкому повышению плодородия дерново-подзолистых почв. Осуществление этих мероприятий позволит превратить нечерноземную зону в одну из самых богатейших житниц нашей Родины.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдонин Н. С. Вопросы земледелия на кислых почвах. М., Сельхозгиз, 1957.
- Авдонин Н. С. Повышение эффективности удобрений на дерново-подзолистых почвах. «Удобрения и урожай» № 2, 1958.
- Авдонин Н. С. Коренные вопросы земледелия в нечерноземной полосе. В кн.: «Вопросы повышения плодородия почв нечерноземной полосы». Изд-во МГУ, 1954.
- Авдонин Н. С. Устойчивость озимых культур к неблагоприятным условиям перезимовки на дерново-подзолистых почвах нечерноземной полосы. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Андреев С. С. и Алехина Н. Д. Изменение фотосинтеза и содержание некоторых форм углеводов у кукурузы при разном значении рН среды. «Вестн. Моск. у-та» № 1, 1961.
- Андреев С. С. Фотосинтез и некоторые физиологические процессы у кукурузы при разных значениях рН. «Агробиология» № 5, 1962.
- Анисимов А. А. Влияние калия на направленность ферментных превращений сахарозы и динамика сахаров в растении. Уч. зап. Горьковского у-та № 25, 1954, стр. 39—53.
- Аринюшкина Е. В. Марганец в дерново-подзолистой почве Агробиологической станции МГУ. В кн.: «Вопросы повышения плодородия почв нечерноземной полосы». Изд-во МГУ, 1954.
- Аскинази Д. Л. Фосфатный режим и известкование почв с кислой реакцией. Изд-во АН СССР, 1949.
- Баранов П. А. О применении удобрений в сельском хозяйстве Германской Демократической Республики. «Земледелие» № 12, 1955.
- Бардинская М. С. К вопросу о механизме действия инвертазы. В кн.: «Углеводы и углеводный обмен в животном и растительном организмах». Изд-во АН СССР, 1959.
- Белкин Н. И. Ферментативные показатели зимостойкости растений. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.

- Белкин Н. И. Биохимические показатели зимостойкости и способы борьбы с гибелью зимующих растений. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Биглов Т. Т., Гирфанов В. К. Влияние минерального питания на зимостойкость и продуктивность озимой пшеницы на серых лесных почвах Башкирского Предуралья. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Благовещенский А. В. и Кириллова Г. А. Влияние временного охлаждения на азотсодержащие вещества зародыша и эндосперма озимой пшеницы. «Докл. АН СССР», т. 100, № 1, 1955.
- Благовещенский А. В. Ферменты и холодостойкость растений. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Благовещенский А. В. О факторах морозостойкости растений. «Советские субтропики», т. 76—79, вып. 1, 1938.
- Богдан И. К. Жизнь озимой пшеницы в период перезимовки. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Богдан И. К. Обмен веществ у озимой пшеницы в осенне-зимне-весенний период. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Борков Т. А. Метод определения алюминия алюмином. Тр. ТСХА, 1936.
- Бресткин А. П., Новикова Н. В. К кинетике разложения перекиси водорода под действием каталазы. «Биохимия», т. 25, вып. 4, 1960.
- Бугаевский М. Ф. Вымерзание ассимиляционных и молодых эпидермальных клеток. «Докл. АН СССР», т. 105, № 6, 1955.
- Быстриков Ф. В. К вопросу о влиянии реакции почвы на морозостойкость озимой ржи и пшеницы. Тр. по прикл. бот., ген. и сел., т. 25, № 3, 1931, стр. 128—151.
- Вагин А. Новое из практики с марганцем в Петербургском уезде за 1914 г. «Земледельческая газета», 1915.
- Вальдгейм. Действие высоких и низких температур на растения. Тр. Вольного экон. о-ва, № 2, 1869, стр. 25—28.
- Вальтер О. А. Почему мы изучаем отношение культурных растений к истинной реакции среды. Тр. Детскосельской опытной станции, вып. IV, 1927.
- Васильев И. М. Последствие температуры на рост растений. «Физиология растений» т. 2, вып. 3, 1955.
- Васильев И. М. Зимостойкость растений. Изд-во АН СССР, 1953.
- Васильев И. М. Морозостойкость озимых культур в зависимости от роста в период закаливания. Докл. Всесоюз. совещания по физиологии растений, вып. 1, 1946.
- Важенин И. Г. О причинах различной эффективности форм калийных удобрений на легких дерново-подзолистых почвах. Тр. Почвенного ин-та АН СССР, т. XXXIII, 1950.
- Вернадский В. И. Биохимическая роль алюминия и силиция в почвах. «Почвоведение» № 2, 1939.
- Виноградов П. А. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Изд-во АН СССР, 1950.
- Власюк П. А. Применение марганца для повышения продуктивности сельскохозяйственных растений. (Юбилейный сборник). Изд-во АН УССР, 1947.

- Власюк П. А. Применение марганцевых удобрений на разных почвах СССР для повышения продуктивности сельскохозяйственных растений. Научн. тр. АН УССР, № 5, 1952.
- Власюк П. А., Ленденская Л. Д., Кибаленко А. П. Марганцевые внекорневые подкормки сельскохозяйственных растений. Изв. АН СССР, сер. биол., № 3, 1954.
- Волгунов Г. П. Действие амилазы и сахаразы в воздушносухом субстрате при разных степенях влажности. «Биохимия», т. 4, вып. 5, 1939.
- Воронов А. Г. О перезимовывании травянистых растений. «Бот. журнал», т. 37, № 2, 1952, стр. 173—180.
- Гарднер Г., Гарнер Г. Известкование почв в Англии. ИЛ, 1954.
- Гедройц К. К. Избранные сочинения, т. 1—3. М., Сельхозгиз, 1955.
- Гедройц К. К. Почвенный поглощающий комплекс, растение и удобрение. М., Сельхозгиз, 1935.
- Генкель П. А. Солеустойчивость растений и пути ее направленного повышения. Изд-во АН СССР, 1954.
- Гирфанов В. К., Биглов Т. Т. Зимостойкость и продуктивность озимых пшениц в связи с прохождением стадии яровизации. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Голубев Б. А. Кислые почвы и их улучшение. М., Сельхозгиз, 1954.
- Голубев Б. А. О вредном влиянии алюминия на растения. В сб.: «Памяти академика Д. Н. Прянишникова». Изд-во АН СССР, 1950.
- Голубев Б. А., Петербургский А. В., Уляков И. П., Штатнов В. П. Свойства почвы и отношение растений к реакции среды. «Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ», т. XVI, 1935.
- Гринфельд Э. Г. Явление полярности и изреживание озимых культур на поздних посевах во время перезимовки. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Гукова М. М. О влиянии реакции среды и кальция на обмен веществ в растениях. В сб.: «Памяти академика Д. Н. Прянишникова». Изд-во АН СССР, 1950.
- Демиденко Т. Т. Влияние концентрации Н-ионов на рост, урожай и положение так называемой изоэлектрической точки у протеинов культурных растений. «Научно-агрономический журн.» № 9, 1929.
- Дьякова Е. В. Применение нитрогина. В кн.: «Клевер красный». М., Сельхозгиз, 1950.
- Елагин И. Н. Агротехнические приемы, обеспечивающие надежную перезимовку и высокий урожай озимых культур. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Заблуда Г. В., Кузнецова Г. Н. Морозостойкость озимой пшеницы и ржи в зависимости от состояния развития и роста растений в осенний период. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Иванов В. В. Влияние калийных и фосфорных удобрений на морозоустойчивость яровых растений, «Сов. ботаника» № 5—6, 1941, стр. 84—86.

- Калачинов А. Т. Влияние бора и марганца на динамику нитратов и воднорастворимых форм фосфорной кислоты в слабо-подзолистой почве. «Докл. ВАСХНИЛ» № 2, 1949.
- Калабухов Н. И. Сохранение энергетического баланса организма как основа процесса адаптации. «Общая биология», т. 7, № 6, 1946, стр. 417—434.
- Каппен Г. Почвенная кислотность. М., Сельхозгиз, 1934.
- Каспарова С. А. Причины гибели озимых культур и меры борьбы с ними. Сыктывкар, 1942.
- Каталымов М. В. Влияние кислотности на поступление марганца в растения. «Докл. АН СССР», т. LXXI, № 6, 1950.
- Квасников В. В. Актуальная кислотность растительного сока яровой пшеницы при разных условиях произрастания. «Научно-агрономический журн.» № 1, 1929.
- Кедров-Зихман О. К. Известь и лен. «Лен и конопля», 1932.
- Кедров-Зихман О. К., Ярусов С. С. и др. Известь. Тр. ВИУАА т. II, 1935.
- Кедров-Зихман О. К. Известь Тр. ВИУАА, вып. 5, 1934.
- Кедров-Зихман О. К. Известкование и применение микро-элементов. М., Сельхозгиз, 1957.
- Кедров-Зихман О. К. Известкование кислых почв. Изд-во «Московский рабочий», 1958.
- Келлер Э. Ф. Изменения в содержании крахмала и динамика углеводов в листьях некоторых вечнозеленых растений. «Советская ботаника» № 2, 1936, стр. 54—62.
- Кирсанов А. Т. Известкование как фактор урожайности. М., Сельхозгиз, 1930.
- Кирсанов А. Т. Значение фосфорных удобрений в подзолистых почвах. Тр. Почвенного ин-та АН СССР, т. XXIII, 1938.
- Кирсанов А. Т. Роль алюминия, железа и марганца в плодородии подзолистых почв и учет ее при известковании. Тр. Почвенного ин-та АН СССР, № 21, 1940.
- Клечковский В. М. Об усвоении растениями поглощенных почвой фосфатов. «Докл. ТСХА», вып. 2, 1945.
- Клинг Е. Г. Белковые ферменты озимых злаков и холодостойкость. «Опытная агрономия Юго-Востока» № 1, 1931, стр. 123—141.
- Коженикова Л. И. О причинах гибели озимых в некоторых районах. «Докл. АН СССР», т. 55, № 1, 1947, стр. 61—63.
- Коломышев Г. Г. О зимостойкости и скороспелости пшениц. «Докл. АН СССР», т. 3, № 7, 1936, стр. 351—356.
- Кольца А. Влияние марганца на структуру яровой пшеницы. «Докл. АН СССР», т. 31, № 4, 1941.
- Константинова А. М. Местные и инорайонные дикie люцерны в скрещивании. В кн.: «Вопросы кормодобывания». М., Сельхозгиз, 1951.
- Кормовые бобы. Сб. статей. М., Сельхозиздат, 1962.
- Корнилов М. Ф. Известкование почв Северо-Западной зоны нечерноземной полосы СССР. М., Сельхозгиз, 1955.
- Корнилов М. Ф., Борисова Е. М. и Трунина Э. В. Известкование и сорт. В кн.: «Известкование дерново-подзолистых почв». М., Сельхозгиз, 1955.
- Костюченко И. А. Об условиях перезимовки озимой пшеницы в Сибири. «Агробиология» № 2. 1947.

- Костюченко А. Д. Значение удобрений и извести в повышении зимостойкости озимых культур и клевера в нечерноземной полосе. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Кошельков П. Н. К вопросу об изменении кислотности подзолистых почв и содержании в них подвижного алюминия под влиянием минеральных удобрений. «Химизация соц. земледелия» № 5, 1939.
- Красильников Н. А. Микроорганизмы и плодородие почв. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 2, 1954.
- Кретович В. Л. и Смирнова Т. И. Окислительно-восстановительные условия как фактор ферментативной активности белков. «Биохимия», т. 22, вып. 1—2, 1957.
- Кружilin А. С., Шведская З. М., Алпатъева Л. А. Физиологические изменения в онтогенезе озимой пшеницы в связи с ее морозостойкостью. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Кукса И. Н. Разработка приемов повышения зимостойкости и урожайности озимых зерновых культур. «Химизация соц. земледелия» № 4, 1940.
- Кукса И. Н. Борьба с гибелью и повышение урожайности озимых зерновых культур. «За устойчивый урожай на Юго-Востоке» № 3, 1940.
- Кукса И. Н. Влияние минерального питания на зимостойкость и урожай озимой пшеницы. «Химизация соц. земледелия» № 1, 1939.
- Кукса И. Н. За высокий урожай озимых хлебов в Сибири. «Соц. сельское хозяйство» № 1, 1939.
- Кукса И. Н. Влияние удобрений на повышение зимостойкости и урожайности озимой пшеницы. «Соц. реконструкция сельского хозяйства» № 7—8, 1938.
- Кукса И. Н. Влияние минерального питания на морозоустойчивость и урожайность озимых пшениц. В кн.: «Агротехника», М.—Л., Сельхозгиз, 1937.
- Кукса И. Н. Удобрения в борьбе с вымерзанием озимых пшениц. «Соц. реконструкция сельского хозяйства» № 12, 1936.
- Курсанов А. Л. Обратимое действие инвертазы в живых растительных клетках и роль структурных образований протоплазмы. «Биохимия», т. 1, № 4, 1936, стр. 411—426.
- Курсанов А. Л. К вопросу об обратимом действии ферментов в живых клетках. Изв. АН СССР, сер. биол., 1936, стр. 669—678.
- Курсанов А. Л., Крюкова Н. П., Морозов А. С. Влияние температуры на обратимое действие инвертазы в растениях в связи с их холодо- и жароустойчивостью. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 1, 1938.
- Курсанов А. Л. Действие ферментов в живой клетке. В кн.: «Ферменты». Изд-во АН СССР, 1940, стр. 203—226.
- Курсанов А. Л. Обратимое действие ферментов в живой растительной клетке. Изд-во АН СССР, 1940.
- Курсанов А. Л., Крюкова Н. Ферменты — показатели холодоустойчивости хвойного дерева. «Биохимия», т. 4, вып. 5, 1939.
- Курсанов А. Л., Брюшкова А. Обратимое действие ферментов в прорастающих семенах. «Биохимия», т. 4, вып. 5, 1939.
- Курсанов А. Л., Крюкова Н. Н., Морозов А. С. Влияние температуры на обратимое действие инвертазы в растениях в

- связи с их холодо- и морозоустойчивостью. «Изв. АН СССР», сер. биол. № 1, 1938.
- Куперман Ф. М., Рыбаков М. И. Зимостойкость озимой пшеницы и озимой ржи на разных этапах органогенеза. Тезисы докл. на конференции по физиологии устойчивости растений. М., 1960.
- Лапин М. М. Водно-воздушный режим почвы и перезимовка озимых культур. «Сов. агрономия» № 2, 1948.
- Ленденская Л. Д. Изучение условий питания сельскохозяйственных растений путем применения микроэлемента марганца. Науч. тр. АН УССР, № 5, 1952.
- Лысенко Т. Д. О почвенном питании растений и повышении урожайности сельскохозяйственных культур. М., Сельхозгиз, 1954.
- Лысенко Т. Д. Агробиология. М., Сельхозгиз, 1949.
- Любарская Л. С. и Архипова К. И. Фосфорный обмен в сахарной свекле и его связь с сахаронакоплением. В сб.: «Памяти академика Д. Н. Прянишникова». Изд-во АН СССР, 1950.
- Маданов П. В. Биологическая аккумуляция марганца в почвах Волжско-Камской лесостепи и его доступность сельскохозяйственным растениям. Уч. зап. Казанского гос. ун-та, т. 113, кн. 7, 1953.
- Маданов И. Марганец в почвах Татарской республики и разработка некоторых вопросов применения марганцевых удобрений. Уч. зап. Казанского гос. ун-та, т. III, вып. 1, 1951.
- Майсунян Н. Применение зеленого удобрения в колхозах и совхозах Московской области. Изд-во «Московский рабочий», 1951.
- Максимов Н. А. Внутренние факторы устойчивости растений к морозу и засухе. «Тр. по прикл. бот., ген. и сел.», т. 22, № 1.
- Максимов Н. А. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. Т. 2. Зимостойкость растений, 1952.
- Малиенко М. П. Зависимость между глубиной залегания корневой системы и зимостойкостью озимых пшениц. «Физиология растений», т. 7, вып. 2, 1960.
- Малиенко М. П. Зимостойкость озимой пшеницы в зависимости от развития растений перед уходом в зиму. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Малиенко М. П. Зависимость между развитием растений перед уходом в зиму и зимостойкостью у озимых пшениц. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Мещеряков А. М. Опыты по изучению влияния алюминия на рост растений. «Химизация соц. земледелия» № 9, 1937.
- Мещеряков А. М. Влияние кислотности и алюминия на рост растений. Тр. ВИАУА, вып. 16, 1937.
- Мишустин Е. П. Микроорганизмы и плодородие почвы. Изд-во АН СССР, 1956.
- Мичурин И. В. Стимуляторы в жизни растений. Соч. в 4 т., т. 1. Сельхозгиз, 1948.
- Моисеев И. Г. Пути повышения плодородия дерново-подзолистых почв. «Земледелие» № 5, 1957.
- Моисейчик В. А., Уланова Е. С. Оценка агрометеорологических условий перезимовки посевов озимых культур. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.

- Мосолов В. П. Зимняя агротехника. Соч., т. 2, 1953.
- Смелов С. П., Конюшков Н. С. Многолетние травы в пропашных севооборотах. Сельхозгиз, 1951.
- Мошков Б. С. Фотопериодизм и морозостойкость растений. Тр. по приклад. бот., ген. и сел., вып. 6, 1935.
- Незговорев Л. А., Соловьев А. К. Холодостойкость растений и патогенность почвы. «Физиология растений», т. 5, вып. 5, 1958.
- Ничик М. М. Действие различных азотных удобрений при систематическом применении. Тр. НИУИФ, вып. 148, 1941.
- Новиков В. А. и Мохова М. Л. Влияние фосфора на морозостойчивость люцерны. Сб. статей Центральной селекционной станции СоюзНИИ, 1936, стр. 129—148.
- Об улучшении сельскохозяйственного использования земель нечерноземной полосы европейской части СССР. Изд-во АН СССР, 1952.
- Оголевец И. В. Динамика превращения углеводов в холодное время года в коре древесных пород в связи с их морозостойкостью. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Окунцов М. М., Аксенова О. Ф. Особенности поведения дыхательной системы при закаливании растений. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Опарин А. И. и Зинченко В. А. Направленность действия ферментов и влияние на нее яровизации. В кн.: «Проблемы биохимии в мичуринской биологии». 1949.
- Осландер А. Потребность пахотных почв в извести. Перевод со шведского. Стокгольм, 1948.
- Осницкая Е. А. Повышение устойчивости овощных растений против болезней путем направленной агротехники. «Сад и огород» № 4. 1949.
- Острейковский М. М. Борьба с гибелью озимой пшеницы в Смоленской области. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Павлинов О. А., Туркина М. В. Превращение сахарозы в растительных тканях. В кн.: «Углеводы и углеводный обмен в животном и растительном организмах». Изд-во АН СССР, 1959.
- Павлов М. Т. Земледельческая химия. М., 1825.
- Павлов М. Т. Курс сельского хозяйства. М., 1837.
- Пантелеев А. Н. Белковые вещества как материал дыхания у листьев овощных растений. «Вестн. Ленингр. ун-та», № 3, 1960.
- Панченко И. П. Исследования по теории закаливания и их значение в повышении зимостойкости зерновых культур. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Пейве Я. В. Микроэлементы в сельском хозяйстве нечерноземной полосы СССР. Изд-во АН СССР, 1954.
- Пейве Я. В. Приемы устранения вредного действия почвенного алюминия на лен. Докл. ВАСХНИЛ, вып. 12, 1938.
- Петербургский А. В. Поступление алюминия в растения. Докл. ТСХА, 1945.
- Петербургский А. В. К применению удобрений под лен на вновь осваиваемых землях подзолистой полосы, содержащих подвижный алюминий. Тр. Всесоюз. академии соц. земледелия, т. 1, 1940.

- Попов В. П. Роль связанной воды в морозоустойчивости озимой пшеницы. «Докл. АН СССР», т. 14, № 1, 1937.
- Потапов А. И. Новые колориметрические методы определения токсического алюминия в почве. «Докл. АН СССР» № 9, 1934.
- Прокошев В. Н. Влияние зеленого удобрения на почвенную кислотность. Тр. Почвенного ин-та АН СССР, т. XXXIII, 1950.
- Прокошев В. Н. Повышение плодородия песчаных и супесчаных почв дерново-подзолистого типа. Изд-во АН СССР, 1952.
- Проценко Д. Ф., Мишустина П. С. Влияние светового режима и влажности почвы на углеводный обмен и морозостойкость сортов озимой пшеницы. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Проценко Д. Ф., Дубинская Т. М., Ядрицева Е. Ф. Влияние условий воспитания на морозостойкость озимых культур. Науч. зап. КДУ. Изд-во Киевского гос. ун-та, т. 8, № 5, 1949, стр. 91—116.
- Прянишников Д. Н. и Якушкин И. В. Растения полевой культуры. (Частное земледелие.) Сельхозгиз, 1936.
- Прянишников Д. Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. Изд-во АН СССР, 1945.
- Прянишников Д. Н. Соч., т. 1—4. М., 1956.
- Прянишников Д. Н. Резервный миллиард. Избр. соч., т. IV, 1955.
- Прянишников Д. Н. О согласовании мероприятий по поднятию земледелия в Центре и на Юго-Востоке. Избр. соч., т. IV, 1955.
- Прянишников Д. Н. Расширение посевной площади в нечерноземной полосе в связи с задачей получения в СССР высоких и устойчивых урожаев. Избр. соч., т. IV, 1955.
- Прянишников Д. Н. Поднятие земледелия на Севере как средство облегчить кризис продовольствия и транспорта. Избр. соч., т. IV, 1955.
- Прянишников Д. Н. Агрохимия. 1954.
- Прянишников Д. Н. О влиянии реакции почвы на рост растений. «Удобрения и урожай» № 1, 1931.
- Ратнер Е. И. Подвижный алюминий в почве и фосфорнокислосое питание растений. «Почвоведение» № 2, 1946.
- Рассел Э. Почвенные условия и рост растений. ИЛ, 1955.
- Ремезов Н. П. и Щерба С. В. Теория и практика известкования почв. Сельхозгиз, 1938.
- Рихтер А. А. Исследования над холодостойкостью растений. «Опытная агрономия Юго-Востока», вып. 2, 1927.
- Рихтер А. А. и Васильева Н. Г. Повышение фотосинтеза опрыскиванием микроэлементами. «Докл. АН СССР», т. XXX, № 7, 1941.
- Рихтер А. А., Гречушников А. И. К вопросу о физиологических процессах, лежащих в основе гибели озимых хлебов от выпревания или задушения под ледяной коркой. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 1, 1932.
- Рихтер Г. Д. Районирование снегомелiorативных мероприятий. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Рубин Б. А. О роли ферментативных процессов во взаимоотношениях растения с внешней средой. В кн.: «Проблемы биохимии в мичуринской биологии». Изд-во АН СССР, 1949.

- Рубин Б. А., Соколова В. Е. О роли ферментативного аппарата в приспособительных реакциях растения к внешней среде. «Докл. АН СССР», т. LXIV, № 3, 1949.
- Рубин Б. А., Арциховская Е. В., Спиридонова Н. С., Лутинова О. Т. О периодичности некоторых процессов в растении, ее причинах и физиологическом значении. «Биохимия», т. 10, вып. 1, 1945.
- Рубин Б. А., Соколова В. Е. К вопросу об участии фосфора в превращении крахмала в живом растении. «Докл. АН СССР», т. LVIII, № 9, 1947.
- Рудницкий Н. В. Получение высоких и устойчивых урожаев клевера в северо-восточных областях СССР. В сб. «Повышение урожайности красного клевера». 1952.
- Сабиник Н. А. Физиологические основы питания растений. Изд-во АН СССР, 1955.
- Саблинская-Иванова Б. И. Влияние минеральных удобрений на зимостойкость озимой пшеницы. «Соц. растениеводство», сер. А, № 16, 1935.
- Саблинская-Иванова Б. И. Влияние минеральных удобрений на зимостойкость озимой пшеницы. «Химизация соц. земледелия» № 9—10, 1935.
- Савельев С. И. Новые приемы повышения зимостойкости озимой пшеницы на Юго-Востоке. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Самыгин Г. А. Последствие отрицательных температур на фотосинтез. «Физиология растений», т. 2, вып. 3. 1955.
- Сакс А. И. Изучение сортов озимой пшеницы по морозостойкости и устойчивости к почвенной засухе. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 5—6, 1938.
- Салтыковский М. И. и Сапрыгина Е. С. Холодостойкость озимых хлебов на разных стадиях развития. «Докл. АН СССР», т. 4 (9), № 1, 1935.
- Салтыковский М. И. и Сапрыгина Е. С. Повышение озимости пшениц. «Докл. АН СССР», т. 52, № 3, 1944.
- Салтыковский М. И. Система мер борьбы с гибелью и повреждением озими за время зимовки. «Селекция и семеноводство» № 8—9, 1940.
- Салтыковский М. И. Летняя гибель или бесплодие озимых хлебов. «Тр. по сел. Саратовской селек. станции», т. 1, 1934.
- Салтыковский М. И. Весеннее отмирание озимых хлебов. «Опытная агрономия Юго-Востока», т. 6, № 2, 1928.
- Салтыковский М. И. К вопросу о зимостойкости озимых хлебов. «Опытная агрономия Юго-Востока», т. 7, вып. 2, 1929.
- Сергеев Л. И. Выносливость растений. «Советская наука», 1953.
- Сергеев Л. И. и Сергеева К. А. Влияние ионов алюминия и ортофосфорной кислоты на биологические свойства протоплазмы растений. «Докл. АН СССР», т. XXII, 1939.
- Сегете Владимир. К проблеме зимостойкости озимых в Чехословакии. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Сердобольский И. П. Влияние почвенных условий на превращение соединений марганца в почве. Работы по агрохимии. Изд-во АН СССР, 1950.

- Сердобольский И. П. Влияние почвенных условий на превращение марганца в почве. Тр. Почвенного ин-та АН СССР, т. XXXIII, 1950.
- Силенко З. В. Удобрение кормовых культур. Сельхозгиз, 1940.
- Сисакян Н. М., Кобякова А. М., Васильева Н. А. Ферментативные периоды в листьях и их связь с развитием запасных и репродуктивных органов. «Биохимия», т. 10, вып. 4, 1945.
- Сисакян Н. М., Рубин Б. А. Некоторые данные о действии солей на деятельность ферментов живой клетки при пониженных температурах. «Докл. АН СССР», т. XXV, № 4, 1939.
- Сисакян Н. М., Кобякова А. М. О факторах, обуславливающих интенсивность адсорбции ферментов тканями растений. «Докл. АН СССР», т. LVII, № 8, 1947.
- Сисакян Н. М., Кобякова А. М. О передвижении ферментов в растениях. «Докл. АН СССР», т. LVI, № 6, 1947.
- Сисакян Н. М., Рубин Б. А. Действие низких температур на обратимость ферментных реакций в связи с зимостойкостью растений. «Биохимия», т. 4, вып. 2, 1939.
- Сисакян Н. М. Влияние минеральных элементов на десорбцию инвертазы тканями высших растений. «Докл. АН СССР», т. LVIII, № 9, 1947.
- Смирнова К. М. Накопление азота и зольных элементов в травосмеси (клевер + тимopheевка) на дерново-подзолистой почве. В кн.: «Вопросы повышения плодородия почв нечерноземной полосы». Изд-во МГУ, 1954.
- Смирнова А. И. и Тарксидаев Г. Влияние фосфатов на активность амилазы гороха. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 2, 1938.
- Соколов А. В. Методика фракционированного определения фосфорсодержащих соединений в растениях. «Химизация соц. земледелия», № 10, 1940.
- Соколов А. В. Об активном алюминии в почве. «Докл. ВАСХНИЛ», № 23—24. 1939.
- Соколов А. В. Распределение питательных веществ в почве и урожай растений. Почвенный ин-т АН СССР, 1947.
- Соколов А. В. Агрохимия фосфора. Изд-во АН СССР, 1950.
- Стрельченко Т. И. Зимостойкость озимого ячменя на Буковине. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Строева В. Я. Действие фосфоритной муки на подзолистых почвах в зависимости от содержания в них подвижного алюминия. «Вестн. с.-х. науки», вып. 3, 1941.
- Сулакадзе Т. С. Количество льда в озимых растениях при различных низких температурах и защитная роль сахаров. Тр. Ин-та физиологии растений, т. 4, вып. 2, 1945.
- Тимopheева М. Т. Морозоустойчивость озимых злаков в связи со стадийным развитием и закаливанием растений. «Докл. АН СССР» № 1, 1935.
- Тимopheева М. Т. Причины гибели озимых злаков в условиях Севера в связи со сроками и способами посева, развитием и закалкой растений. Тр. по прикл. бот., ген. и сел., сер. 3, № 6, 1935.

- Тиунова К. П. Повышение зимостойкости и урожайности озимой пшеницы на Северо-Востоке европейской части СССР. «Агро-биология» № 3, 1954.
- Топорков С. К биологии озимой пшеницы. «Сельское хозяйство и лесоводство», т. СХСП. 1899, стр. 1—44—241—290, 481—523.
- Трухина А. Т. О морозоустойчивости пшеницы в Сибири. Тр. Ин-та ген. АН СССР, т. 16, 1948, стр. 60—68.
- Толмачев А. И. К вопросу об устойчивости признака озимости и яровости у некоторых сортов растений. «Сов. бот.» № 5, 1940, стр. 342—344.
- Тиунова К. П. Причины зимне-весенней гибели озимой пшеницы. В сб.: «Вопросы агротехники пшеницы в нечерноземной полосе». Изд-во Ин-та северного зернового хозяйства, 1936, стр. 126—148.
- Трунина З. В. Отношение сортов сельскохозяйственных культур к реакции почвы и отзывчивость их на известкование. Автореферат, 1954.
- Трухина А. Т. О морозоустойчивости пшеницы в Сибири. Тр. Ин-та ген. АН СССР, вып. 16, 1948.
- Туманов И. И. Современное состояние и очередные задачи физиологии зимостойкости растений. В кн.: «Физиология устойчивости». Изд-во АН СССР, 1960.
- Туманов И. И. Закаливание озимых растений к низким температурам. Тр. по прикл. бот., ген. и сел., т. 25, 1931, стр. 69—109.
- Туманов И. И. Новые методы лабораторного изучения морозостойкости озимых культур. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Туманов И. И. Зимостойкость растений. Сельхозгиз, 1931.
- Туманов И. И. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. Сельхозгиз, 1940.
- Туманов И. И. Основные достижения советской науки в изучении морозостойкости растений. Изд-во АН СССР, 1951.
- Туманов И. И., Бородин И. Н., Олейников Т. В. Роль снежного покрова при перезимовке озимых посевов (выпревание). Тр. по прикл. бот., ген. и сел., вып. 6, 1935.
- Туманов И. И. Физиологические процессы вымерзания и закаливания растений. В сб.: «Памяти К. А. Тимирязева». Изд-во АН СССР, 1941.
- Турчин Ф. В. Роль калия в усвоении аммиака и в образовании активных форм углеводов в растениях. В сб.: «Памяти академика Д. Н. Прянишникова». Изд-во АН СССР, 1950.
- Турчин Ф. В. и Соколов В. И. Об активном марганце в почве и его токсичности в связи с применением физиологически кислых форм азотных удобрений. «Почвоведение» № 5, 1950.
- Турчин Ф. В. О природе действия минеральных удобрений. М., 1939.
- Тюменцев Н. Ф. Меры борьбы с гибелью озимой ржи в Томской области. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР. 1960.
- Тюрин М. М. Морозостойкость растений в зависимости от их роста и возраста. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Уайт Р. Возделывание сельскохозяйственных растений и окружающая среда. Перевод с английского. М., ИЛ, 1949.

- Ульянов И. Токсическое действие алюминия на рост растений. «Химизация соц. земледелия» № 10, 1934.
- Усинский Е. Е. Марганец в растениях. «Журнал опытной агрономии», т. 16, 1915.
- Федорова Н. А. Присмы повышения зимостойкости и урожайности озимой пшеницы в Полесье и лесостепи Украины. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур», Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Федоров Н. А., Костлан Н. В. Морозоустойчивость озимых культур в зависимости от возраста растений и условий осенней вегетации в районах Полесья и северной лесостепи Украины. В кн.: «Физиология устойчивости растений». Изд-во АН СССР, 1960.
- Федоренко И. Н. Причины гибели озимых хлебов и меры борьбы с ними в таежной зоне Западной Сибири. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Филиппенко А. О причинах гибели озимых хлебов зимой. «Сельское хозяйство и лесоводство», январь 1894, стр. 85—96.
- Хейфец Д. М. и Власова В. М. Известь и разные растения. Тр. ВИАУ, вып. 9, 1935.
- Хлебникова Н. А. Возрастные изменения способности поглощения воды клетками многолетних злаков. В кн.: «Вопросы кормодобывания». Сельхозгиз, 1951.
- Хоринко П. А. Причина гибели и агрокомплекс высоких урожаев озимой пшеницы в Пермской области. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Церлинг В. В. Влияние азотного питания на обмен веществ, развитие репродуктивных органов и урожай яровых злаков. В сб.: «Памяти академика Д. Н. Прянишникова». Изд-во АН СССР, 1950.
- Чернавин А. Применение фосфоритной муки. Изд-во «Московский рабочий». 1951.
- Чернов В. А. О природе почвенной кислотности. «Изд-во АН СССР», 1947.
- Чириков Ф. В. и Волкова В. В. Превращение фосфорной кислоты фосфорнокислых удобрений в основных типах почв. «Почвоведение» № 4, 1939.
- Чириков Ф. В. Возбудители роста. «Изв. Моск. с.-х. ин-та», т. 19, вып. 2, 1913.
- Шедеров С. Г. Применение извести на дерново-подзолистых почвах. Сельхозгиз, 1956.
- Шедеров С. Г. Известкование кислых почв. В кн.: «Применение удобрений». Сельхозгиз, 1958.
- Школьник М. Я. Значение микроэлементов в жизни растений и в земледелии. Изд-во АН СССР, 1950.
- Шульгин А. Роль поверхностного слоя почвы в перезимовке озимых культур. «Сов. агрономия» № 8—9, 1940.
- Щерба С. В. Эффективность минеральных удобрений на подзолистых почвах. Госхимиздат, 1953.
- Щерба С. В., Ремезов Н. П. Теория и практика известкования почв. Сельхозгиз, 1938.
- Энгельгардт В. А. Фосфорная кислота и функция клетки. «Изв. АН СССР» № 2, 1945.

- Энгельгардт А. Н. О хозяйстве в Северной России.
- Юхимчук Ф. Ф. Удобрение как фактор, повышающий зимостойкость озимых хлебов. «Химизация соц. земледелия» № 9—10, 1935.
- Юрьев В. Я. О повышении зимостойкости озимой пшеницы. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Яковлев Н. Н. Причина гибели озимой пшеницы при перезимовке. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Яковлев А. Г. Гибель озимой пшеницы от склеротинии в Кировской области. В кн.: «Зимостойкость сельскохозяйственных культур». Изд-во МСХ СССР, 1960.
- Якушкин И. В. Растениеводство. Сельхозгиз, 1953.
- Ярилова Е. А. Исследования в области миграции в почвах. Тр. Почвенного ин-та АН СССР, т. 24, 1940.
- Ярков С. П. и Коптева З. Ф. Изменение подвижности соединений алюминия в дерново-подзолистой почве. Изв. ТСХА, № 1, 1952.
- Ярков С. П., Кулакова Е. В. и Кауричев И. С. Образование запасного железа и особенности фосфорного режима в дерново-подзолистых почвах. «Почвоведение» № 3, 1950.
- Ярусов С. С. О применении извести в пониженных дозах. Тр. ВИУАА, вып. 28, 1948.
- Ярусов С. С. К обоснованию приемов дробного внесения извести в севообороте малыми дозами. В кн.: «Известкование дерново-подзолистых почв». Сельхозгиз, 1955.
- Ярусов С. С. и Соколов М. Ф. К изучению обменной кислотности в почвах и ее токсичности для растений. В сб.: «Памяти академика Д. Н. Прянишникова». Изд-во АН СССР, 1950.
- Ярусов С. С. Действие извести на эффективность минеральных удобрений на почвах подзолистой зоны. Тр. ВИУАА. Известь, 1935.
- Arland A. Krankheitsbefall Anfälligkeit, Pflanzenernährung und Winterfestigkeit in ihren Beziehungen untereinander und zur Transpiration, 1931. Arch. Pflanzenbau, 7, 79—125.
- Arland A. Kalidüngung und Frostschtzwirkung. Die Ernährung der Pflanze, 28, 61—64, 1932.
- Arnon D., Fratzkal and Johnson C. Hydrogen ion concentration in relation to absorption of inorganic nutrients by higher plants. Plant Physiology, v 17, N 4, 515, 1942.
- Arnon D. and Johnson C. Influence of hidgogen ion concentration on the growth of high plants under controlled condition. Plant Physiology, v 17, N 4, 525, 1942.
- Arrhenius O. Bodenreaktion und Pflanzenleben. Ak. verlages. Leipzig, 1922.
- Arrhenius O. Zeitschrift für Pflanzen und Dúngung v IV, H-1-2, 1925.
- Christoff M. Untersuchungen über die Kaltfestigkeit der Wintergerste Zs. Pflanzenzucht, 23, 47—90, 1939.
- Conturier A. Frost and potash fertilizers. J. Agric. prat. 6, 118—119, 1903.
- Gorke H. Über chemische Vorgänge beim Erfrieren der Pflanzen. Landw. Versuch stationen, 65, 149, 1907.

- Köhnlein J. and Fense. Siebenjährigen Beta-Rüben-Versuch auf Lehmboden in Osten Schleswig-Holsteins. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, Bd 93, H. 3, 1951.
- Köhnlein J. Die Ernte- und Wurzel-rückstände und ihre Bedeutung für vorfruchtwirkung und Bodenfruchtbarkeit. Die Phosphorsäure, 15 (15—30), 1955.
- Lohwasser W. Kalkdüngungsversuche im Eggegebirge und Hunsrück. Forstarchiv, 24, N 9—10, 1953.
- Longencker D. and Merkle F. Influence of placement of lime compounds on root development and soil characteristics. Soil science, 73, N 1, 1952.
- Martin B. Zum Anbau der Akkerbohne. Die Deutsche Landwirtschaft, N 3, S. 144—147, 1963.
- Maxwell W. Die relative Empfindlichkeit von Pflanzen gegen über dem Säuregehalt in Boden. Landwirtschaftliche versuchstationen T. 50, S. 325, 1898.
- Mez C. Neue untersuchungen über Erfrieren eisbeständiger Pflanzen. «Flora», 94, 89, 1905.
- Mollisch H. Das Erfrieren von Pflanzen bei Temperaturen über dem Eispunkt. Sitzungsber Kais. Akad. Wissen. Math.—naturw. klasse I, 82, 1896.
- Müller-Thurgau H. Über das gefrieren der Pflanzen. Landwirtschaftliche Jharbücher, № 9, 133, 1880.
- Müller-Thurgau H. Über das Erfrieren der Pflanzen Landwirtschaftliche Jharbücher, 1, 1880.
- Müller-Thurgau H. Über Zucker-anhäufung in Pflanzentheilen in Folge niederer Temperatur. Landwirtschaftliche Jharbücher, 11, 751, 1882.
- Newton R. Colloidal properties of winter wheat plants in relation to frost resistance J. Agric. Sci., 14, 178, 1924.
- Opitz K. Untersuchung der Böden eines Dauerversuches nach der Methode von Egner-Riehm. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, Bd 93, H. 3, 1951.
- Organ The meaning of the pH scale. Garden and Farm, 1, N 1, 1951.
- Romney Evan M., Toth Stephen J. Plant and Soil studies with radioactive manganese. Soil Sci., 77, N 2, 1954.
- Sachs J. Untersuchungen über das Erfrieren Pflanzen. Landwirtschaftliche versuchs-Stationen 2, 167, 1860.
- Sachs J. Das Erfrieren bei Temperatur über null Grad. «Bot. Zeit». 18 N 14, 123, 1860.
- Schaffnit E. Studien über den Einfluss niederer Temperaturen auf die Pflanzen Zelle. Mitz. Kaiser-Wilhelm Inst. Landwirtschaft Bromberg. 3, 93—381, 1910.
- Schaffnit E. und Lüttke M. Beiträge zur Kenntnis Kaltwirkungen auf die pflanzliche Zelle «Phytopathol. ZS» 4, 328—386, 1931.
- Schaffnit E. und Lüttke N. Beiträge zur Kenntniss von Kältewirkungen auf die pflanzliche Zelle 11. Über den Stoffwechsel landwirtschaftlicher Kulturpflanzen bei verschiedenen Temperaturen und wechselnder Ernährung. «Phytopath. Ztschr», 4, 329—386, 1932.
- Schaffnit E. und Wilhelm A. Beiträge zur kenntnis von Kältewirkungen auf die pflanzliche Zelle (III Mitt) Kühlversuche mit

- verschiedenen ernährten. Pflanzen und Untersuchungen über deren Stoffwechselphysiologie. «Phytopat Ztschr» 5. N 6, 505—566.
- Scheffer F. Kalkdüngung im Zuckerrübenbau. Zucker, 1955, 8, N 5, 1933.
- Schnieder E. Erfolgreicher Zucker-rübenanbau auf leichtem Boden. Die Deutsche Landwirtschaft, N 3, S. 129—131, 1963.
- Schweiger W. Der Rotklee-Ertrag in Abhängigkeit von der Aussaatstärke. Die Deutsche Landwirtschaft, N 3, S. 140—141, 1963.
- Scott G. The influence of H-ion concentration on the mineral composition of *Chlorella pyrenoidosa* Journal of Cellular and comparative Physiology, v 25, N 1, 37—44, 1963.
- Simon W. Luzerne, Klee und Klee gras. Berlin, 1960.
- Steward T. and Preston C. Effects of pH and the bicarbonate and phosphate buffered solutions on the metabolism of potato discs and their ability absorb ions Plant Physiol. v. 16, N 3 481—512, 1941.
- Wright Kenneth E., Donahue Barbara A. Aluminium Toxicity studies with radioactive phosphorus. Plant. Physiol., 28, N 4, 1953.

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	3
Введение	5
I. Свойства дерново-подзолистых почв, снижающие стойкость и урожай растений	15
Влияние реакции среды на растения	15
Влияние реакции среды на физиологические процессы в растениях	22
Непосредственное влияние реакции среды на растения	33
Алюминий в дерново-подзолистых почвах	42
Марганец в дерново-подзолистых почвах	54
Влияние свойств дерново-подзолистых почв на микробиологические процессы в них	56
Выводы	67
II. Стойкость и урожай озимой ржи и озимой пшеницы на дерново-подзолистой почве	71
Влияние свойств почвы и удобрений на стойкость и урожай озимых культур	71
Влияние условий зимовки на стойкость и урожай озимой ржи и озимой пшеницы	98
Гибель озимых культур после перезимовки	109
Влияние условий зимовки озимых растений на их рост, развитие в безморозный весенне-летний период и урожай	117
Влияние свойств почвы, удобрений и условий зимовки на биохимические процессы, протекающие в растениях озимой ржи и озимой пшеницы	123
Углеводы и зимовка озимых растений	124
Влияние свойств почвы, удобрений и условий зимовки на активность инвертазы в озимых растениях	135
Влияние свойств почвы, удобрений и условий зимовки на окислительно-восстановительные процессы в растениях	140
Влияние свойств почвы и удобрений на содержание азотистых веществ в растениях в процессе зимовки	145
Выводы	150

III. Стойкость и урожай клевера и люцерны в зависимости от свойств почвы и удобрений	155
Влияние свойств почвы и удобрений на зимостойкость и урожай клевера и люцерны	159
Влияние времени уборки покровной культуры на зимостойкость и урожай клевера и люцерны	185
Влияние свойств почвы, удобрений и условий зимовки на биохимические процессы, протекающие в растениях клевера и люцерны	193
Углеводы и зимостойкость растений клевера и люцерны	194
Влияние свойств почвы, удобрений и условий зимовки на активность инвертазы в зимующих растениях клевера и люцерны	207
Влияние свойств почвы и удобрений на активность каталазы и пероксидазы в зимующих растениях клевера и люцерны	214
Влияние свойств почвы и удобрений на содержание азотистых веществ в растениях люцерны и клевера в зимний период	220
Выводы	227
IV. Стойкость и урожай яровых культур в зависимости от свойств почвы и удобрений	231
Влияние свойств почвы и удобрений на стойкость и урожай яровых культур	231
Влияние свойств почвы и удобрений на обмен веществ в яровых растениях	242
Выводы	247
Заключение	247
Литература	255

35
Авдонин Николай Сергеевич

СВОЙСТВА ПОЧВЫ И УРОЖАЙ. (Влияние свойств почвы и удобрений на стойкость и урожайность растений.) М., изд-во «Колос», 1965.
271 с.

УДК 631.41:631.531.13

Редактор **О. В. Лапина**

Художник **А. П. Николаев**

Художественный редактор **Н. М. Коровина**

Технический редактор **Э. П. Околенова**

Корректор **Р. Д. Поляк**

Сдано в набор 16/X 1964 г. Подписано к печати 22/XII 1964 г. Т 18801. Формат 84×108¹/₃₂. Печ. л. 8,6. (13,94). Уч.-изд. л. 15,06. Изд. № 2622. Т. п. 1965 г. № 19. Заказ № 1997. Тираж 11000 экз. Цена 55 коп.

Издательство «Колос», Москва, К-31,
ул. Дзержинского, д. 1/19.

Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова
Главполиграфпрома Государственного комитета
Совета Министров СССР по печати.
Москва, Ж-54, Валовая, 28.