

Т. А. БАРСКАЯ и Н. П. БУДЫКИНА

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ КОРНЕЙ И ОТТОК УГЛЕВОДОВ

Отношение растений к температуре среды является одним из решающих факторов для успешного культивирования растений на Севере.

Пониженная температура почвы тормозит рост надземной массы растений, замедляет прохождение фаз роста и развития, снижает урожай, причем снижение продуктивности растений при культуре на холодных почвах обусловлено в основном ухудшением условий минерального питания. Установлено, что при пониженной температуре почвы нарушается поглотительная деятельность корней, и в первую очередь усвоение корнями фосфора (Дадыкин, 1952; Коровин, 1953; Кетчесон, 1957; Сычева и Быстрова, 1960).

Д. А. Сабининым (1955) показано, что поглощение пищи корнями растений происходит при затрате энергии, образующейся в процессе дыхания.

Температура почвы оказывает непосредственное влияние на корневую систему растений, и в частности на процесс дыхания корней, а корни (по данным Курсанова, 1960) являются наиболее активными в метаболическом отношении органами растения, обладающими мощной энзиматической системой. Поэтому изучение влияния температурных условий на физиологические процессы в корнях поможет вскрыть причины, обуславливающие снижение продуктивности растений на холодной почве.

Согласно современным представлениям, устойчивость растений к неблагоприятным температурным воздействиям тесно связана с характером их дыхательного обмена. О. А. Семихатова (1953) сообщает, что суровые условия высокогорий Памира приводят к приспособлению дыхания растений к низким температурам. Б. А. Рубин с сотрудниками (Рубин и Соколова, 1954; Рубин, 1955) показали, что степень приспособленности того или иного растения к температурным условиям местообитания обусловлена температурной зависимостью дыхания. Д. Кетчесон (1957), С. С. Андрейченко и З. Ф. Титова (1959), А. А. Комулайнен и Е. П. Лавриненко (1960) наблюдали снижение интенсивности дыхания корней кукурузы под влиянием пониженной температуры почвы.

Известно, что картофель, выращенный на севере, характеризуется низким содержанием крахмала в клубнях. З. Г. Толчинский (1939), Н. А. Дорожкин и А. И. Ровдо (1949), Т. А. Барская (1956) и другие, изучавшие картофель на торфяниках, которые относятся к «холодным почвам», отмечают, что картофель, выращенный на этих почвах, характеризуется пониженной крахмалистостью. А. Л. Курсанов (1954) объясняет пониженную крахмалистость клубней картофеля на Севере длинным полярным днем и пониженной температурой почвы, препятствующими оттоку пластических веществ из надземной части растения в клубни. З. И. Журбицкий и С. М. Вартапетян (1956) также считают основной причиной, снижающей

содержание крахмала в клубнях на Севере, длинный полярный день, тормозящий отток ассимилятов из ботвы в клубни.

В данной работе изучались влияние температуры среды на интенсивность дыхания корней у пшеницы, картофеля и кукурузы и влияние временного охлаждения почвы на суточную динамику содержания углеводов в картофельном растении.

Из работ Н. А. Максимова (1952) и И. И. Туманова (1955) и других известно, что процессы дыхания и превращения углеводов в растительном организме тесно связаны с температурными условиями среды, поэтому изучение интенсивности дыхания и динамики содержания углеводов у растений на холодной почве поможет вскрыть причины, снижающие продуктивность растений на холодных почвах.

Работа выполнялась в термовегетационном домике Института биологии Карельского филиала АН СССР в 1959—1960 гг. Опыты ставились с районированным в Карелии сортом пшеницы Диамант, картофелем Берлинхинген и кукурузой Стерлинг, районированной в южных районах СССР.

Для определения интенсивности дыхания корней растения выращивались в водной культуре, в стеклянных сосудах на смеси Кюпа при температурах в зоне корней 20—25° (сосуды с растениями находились в ваннах с электронагревом и автоматической регулировкой температуры) и 10—12° (сосуды с растениями помещались в ванны с проточной родниковой водой). Смена питательного раствора для предотвращения разницы в рН среды проводилась через сутки.

Водная культура использовалась потому, что при ней не требуется длительной отмывки корней, которая необходима при почвенной культуре.

Интенсивность дыхания у пшеницы и кукурузы определялась в фазе 3—4 листьев. Для повторных определений выращивались новые партии растений. У картофеля определения проводились в фазах всходов и бутонизации—цветения.

Интенсивность дыхания определялась по поглощенному кислороду методом Винклера (Хлопин, 1928) на водопроводной воде. Экспозиция 1—2 часа. Определения проводились на целых растениях. Нижняя часть стебельков закреплялась в выем пробки, которая вставлялась в склянку. Для изоляции исследуемой воды от окружающего воздуха небольшие отверстия между стебельком растения и пробкой замазывались пластилином.

Изучение суточной динамики углеводов проводилось у картофеля, выращиваемого в почвенной культуре, в металлических сосудах объемом на 9 кг воздушно-сухой почвы. В каждый сосуд вносились аммиачная селитра, суперфосфат и хлористый калий (по 0.5 г действующего начала на сосуд).

Картофель, растущий на охлажденной почве (10—14°), замедляет темпы роста и развития по сравнению с картофелем, растущим при более высокой температуре. Чтобы вести исследования с одинаковыми по росту и развитию растениями, мы подвергали их временному охлаждению в различные фазы.

В фазах всходов, цветения и перед уборкой сосуды с картофелем ставились в ванны с постоянной температурой воды 20—25° и 10—14°.

После суточного выдерживания растений в температурных условиях опыта не было обнаружено заметной разницы по содержанию растворимых углеводов и крахмала между вариантами. После 5 и 10 суток наметилась определенная разница по содержанию отдельных групп углеводов у растений с «холодной» и «теплой» почв. После 10-суточной экспозиции наблюдалось отставание растений в развитии на «холодной» почве. Поэтому все анализы в основном производились с растениями 5-суточного выдерживания в условиях опыта.

Содержание углеводов определялось в листьях, корнях, клубнях и стеблях. Пробы для анализов были взяты в 6, 12, 18 и 24 часа. Навески растительного материала фиксировались в парах кипящего спирта.

В одной навеске определялось количественное содержание углеводов по микрометоду Бертрана и качественный состав углеводов хроматографи-

Таблица 1

Интенсивность дыхания корней (в мг O_2 за 1 час на 1 г сухого веса) при различной температуре в зоне их выращивания

Культура	Температура в зоне корней (в °C)		Дата определения	Интенсивность дыхания	Дата определения	Интенсивность дыхания
	при выращивании растений	в период определения				
Пшеница.	20—25	20	30 VI	5.9	26 VII	4.1
	10—12	10	30 VI	3.2	26 VII	2.9
Картофель.	20—25	20	30 VI	7.7	3 VII	6.9
	10—12	10	30 VI	5.2	3 VII	4.05
Кукуруза.	20—25	20	30 VI	5.9	26 VII	5.2
	10—12	10	30 VI	1.7	26 VII	1.58

чески по И. С. Кожинной (1956). Крахмал определялся диастатическим методом (Ермаков и др., 1952). Суточная динамика углеводов определялась у картофеля в начале фазы бутонизации (29 VI), в фазе цветения (25 VII)

Таблица 2

Влияние смены температуры на интенсивность дыхания корней (в мг O_2 за 1 час на 1 г сухого веса)

Культура	Температура (в °C) в зоне корней		Дата определения	Интенсивность дыхания	Дата определения	Интенсивность дыхания
	при выращивании растений	в период определения				
Пшеница.	20—25	10	30 VI	1.9	26 VII	1.6
	10—12	20	30 VI	7.6	26 VII	8.8
Картофель.	20—25	10	30 VI	1.8	—	—
	10—12	20	30 VI	10.1	—	—
Кукуруза.	20—25	10	26 VII	1.6	16 VIII	1.6
	10—12	20	26 VII	3.7	16 VIII	3.9

и в конце фазы клубнеобразования в период интенсивного роста клубней (24 VIII).

Полученные нами данные по изучению интенсивности дыхания представлены в табл. 1 и 2.

Из данных табл. 1 можно сделать вывод, что при постоянной температуре (20—25°) в зоне корней нет резких различий по интенсивности дыхания корней между сравнительно холодостойкими растениями, такими, как пшеница и картофель, и более требовательной к теплу кукурузой. При выра-

щивании растений в условиях пониженной температуры (10—12°) различия по интенсивности дыхания между подопытными растениями были более резкими, причем самая низкая интенсивность дыхания корней обнаружена у кукурузы.

Так, если у пшеницы и картофеля интенсивность дыхания при 10° составляла примерно половину интенсивности дыхания при 20°, то у кукурузы при 10° интенсивность дыхания составила лишь около одной трети интенсивности дыхания при 20°.

Перестановка растений из теплой ванны в холодную и наоборот, вызывая резкую смену температуры в зоне корней, обуславливала и резкое изменение интенсивности дыхания (табл. 2).

Из работ Э. Ф. Сычевой и Э. А. Быстровой (1960) известно, что под влиянием кратковременного понижения или повышения температуры почвы отчетливые изменения в содержании общего фосфора улавливаются через сутки.

Изменения же интенсивности дыхания корней под влиянием смены температуры наступают уже через час (с меньшими промежутками времени определения не проводились). Следовательно, изменение интенсивности дыхания под влиянием температурного воздействия на корни предшествует другим физиологическим изменениям, в частности изменению интенсивности поглощения фосфора. Снижение температуры почвы до 10—12° у подопытных растений вызывало резкое падение интенсивности дыхания, а повышение температуры до 20—25° — увеличение. У кукурузы при перемещении растений из ванн с повышенной температурой в ванны с пониженной была обнаружена самая низкая интенсивность дыхания корней. Определения интенсивности дыхания производились сразу же после перемещения растений. Однако у кукурузы не обнаружено резких различий по интенсивности дыхания между растениями, постоянно растущими при пониженной температуре, и растениями, перемещенными из повышенной температуры в пониженную (табл. 1 и 2).

У пшеницы и картофеля — наоборот: у растений, растущих при температуре 10°, интенсивность дыхания значительно выше, чем у растений, перемещенных из ванн с повышенной температурой в ванны с более низкой температурой (табл. 1 и 2).

Более высокая интенсивность дыхания корней у сравнительно холодостойких растений пшеницы и картофеля, постоянно растущих при пониженной температуре, по сравнению с растениями, перемещенными из теплой ванны в холодную, позволяет предположить, что в процессе приспособления растений к пониженной температуре почвы происходят изменения в дыхательной системе корней, направленные на активацию дыхания при пониженных температурах.

Резкое повышение температуры среды обуславливало повышение интенсивности дыхания корней у картофеля и пшеницы. Так, наиболее высокая интенсивность дыхания при температуре 20—22° наблюдалась в корнях картофеля и пшеницы, перемещенных из условий с пониженными температурами, а не у растений, постоянно растущих при повышенной температуре.

У кукурузы же наоборот: при перемещении из ванны с пониженной температурой в теплую ванну интенсивность дыхания хотя и повышалась, но была ниже, чем у растений, постоянно растущих при повышенной температуре в зоне корней.

Аналогичные данные были отмечены С. С. Андрейченко и Э. Ф. Титовой (1959). Они также не наблюдали резкого возрастания интенсивности дыхания корней кукурузы при перемещении растений из пониженных температур (8—10°) в повышенные (20—18°). Авторы делают предварительный вывод, что ферментативные системы, катализирующие дыхание ра-

стений при переходе от пониженных температур к более высоким, не могут быстро изменить свою активность.

На основании данных нашей работы можно заключить, что вывод С. С. Андрейченко и З. Ф. Титовой характерен лишь для теплолюбивых растений (кукуруза), так как у более холодостойких растений (пшеница и картофель) обнаруживается резкое повышение интенсивности дыхания корней при переходе от пониженных температур к повышенным.

Определения интенсивности дыхания у картофеля в различные периоды вегетации показали, что наиболее резкая зависимость интенсивности дыхания корней от температуры среды обнаруживается у картофеля в раннем периоде онтогенеза (от всходов до бутонизации). В этот период интенсивность дыхания корней значительно ниже у картофеля, растущего при

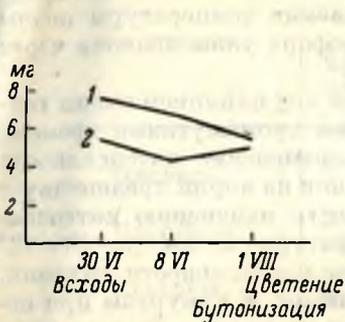


Рис. 1. Интенсивность дыхания корней картофеля в зависимости от температуры среды.

1 — при 10—12°; 2 — при 20—25°. По оси абсцисс — даты определений и фазы развития; по оси ординат — интенсивность дыхания (в мг O₂ за 1 час на 1 г сухого веса).

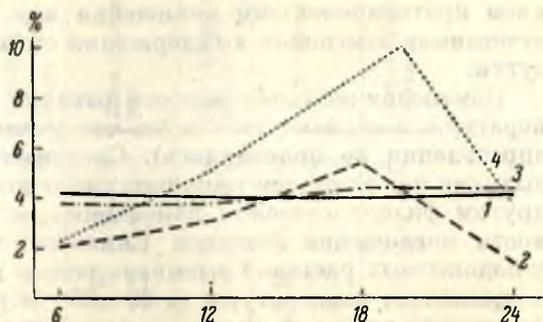


Рис. 2. Влияние температуры почвы на содержание растворимых углеводов и крахмала в листьях картофеля в различные часы суток 25 VII.

1 — растворимые углеводы, 20—25°; 2 — крахмал, 20—25°; 3 — растворимые углеводы, 10—12°; 4 — крахмал, 10—12°. По оси абсцисс — время суток; по оси ординат — содержание углеводов (в % к сухому весу).

температуре в зоне корней 10—12°. В период интенсивного клубнеобразования (фаза бутонизация—цветение) различия по интенсивности дыхания между растениями теплого и холодного вариантов выражены менее резко (рис. 1).

Изучение суточной динамики углеводов выявило определенные отличия между растениями теплых и холодных вариантов в фазы всходов и цветения. Однако наиболее характерные отличия у опытных растений проявились в период интенсивного клубнеобразования (в фазе цветения), поэтому в основном приводятся данные по суточной динамике углеводов в этой фазе.

У исследованных нами образцов картофеля во всех органах преобладала нерастворимая форма углеводов — крахмал. В листьях и стеблях содержание крахмала в период цветения доходило до 14% в пересчете на сухой вес, а в клубнях до 60%, тогда как сумма растворимых углеводов не превышала 5% (листья и клубни). Качественный анализ углеводов показал, что в листьях и стеблях картофеля фракция растворимых углеводов состоит из глюкозы, фруктозы и сахарозы. В корнях и клубнях растворимые сахара представлены в основном сахарозой, а содержание моноз(глюкоза) чрезвычайно низко (от 0.3 до 1%).

Проведенные исследования показывают, что в листьях и стеблях картофеля содержание крахмала непостоянно в течение суток. В утренние часы в листьях обнаружено самое низкое содержание крахмала, в полуденные часы содержание его резко возрастает, а в вечерние часы снова снижается (рис. 2). Содержание растворимых углеводов в наземной части

картофеля подвержено меньшим изменениям в течение суток. В корнях и клубнях картофеля суточные изменения содержания растворимых углеводов и крахмала незначительны (рис. 3).

По содержанию углеводов в различных органах картофеля наблюдались определенные отличия между растениями теплых и холодных вариантов.

В вечерние часы, когда происходит интенсивный отток ассимилятов из ботвы в клубни, листья картофеля на охлажденной почве характеризуются более высоким содержанием крахмала, чем листья растений с теплой почвы (рис. 2).

При определении содержания углеводов в верхней части стеблей (между 3-м и 4-м листьями, считая от верхушки куста) не наблюдалось резкой разницы между растениями с теплой и холодной почв. В нижних частях стеблей (между 1-м и 2-м листьями, считая от основания куста) уже в полуденные часы наблюдалось резкое падение содержания крахмала и растворимых углеводов как на теплой, так и на холодной почвах, что указывает на интенсивный отток углеводов в подземную часть растения (рис. 4). Однако в вариантах с охлаждением у картофеля в эти часы в нижней части стеблей было обнаружено более высокое содержание крахмала. В клубнях картофеля во все часы суток на охлажденной почве наблюдалось повышенное содержание растворимых углеводов и пониженное содержание крахмала (рис. 3).

При сопоставлении содержания крахмала в клубнях и стеблях картофеля в послеполуденные часы выявляется обратная зависимость между содержанием крахмала в стеблях и клубнях. Например, в фазе цветения (рис. 2 и 4) в 18 час. вечера у картофеля на охлажденной почве содержание крахмала в стеблях было на 5% выше, а в клубнях на 5% ниже, чем у картофеля на неохлажденной почве.

Повышенное содержание крахмала в листьях и стеблях картофеля на охлажденной почве в вечерние часы указывает на то, что значительная часть углеводов в ботве картофеля связывается в запасную форму углеводов — крахмал, что тормозит процесс оттока углеводов из надземной части растения. Поэтому можно заключить, что на холодной почве в периоды интенсивного роста растений и клубнеобразования у картофеля тормозятся процессы оттока пластических веществ к клубням, что является одной из причин снижения крахмалистости клубней на холодной почве.

Повышенное содержание растворимых углеводов в корнях картофеля на холодной почве, очевидно, обусловлено тем, что при пониженной температуре снижается интенсивность дыхания и часть притекающих

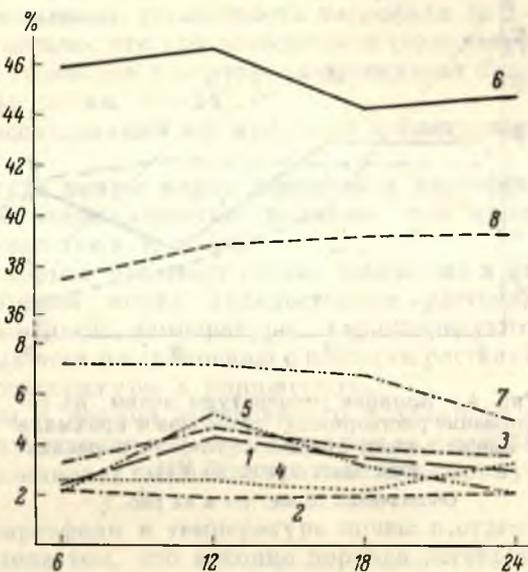


Рис. 3. Влияние температуры почвы на содержание растворимых углеводов и крахмала в корнях и клубнях картофеля в различные часы суток 25 VII.

1 — растворимые углеводы в корнях, 20—25°; 2 — крахмал в корнях, 20—25°; 3 — растворимые углеводы в корнях, 10—12°; 4 — крахмал в корнях, 10—12°; 5 — растворимые углеводы в клубнях, 20—25°; 6 — крахмал в клубнях, 20—25°; 7 — растворимые углеводы в клубнях, 10—12°; 8 — крахмал в клубнях, 10—12°. Обновления на осях те же, что и на рис. 2.

из листьев пластических веществ остается неиспользованной в процессе дыхания. Возможно также, что на холодной почве тормозятся процессы синтеза крахмала из растворимых углеводов.

Было обнаружено, что охлаждение почвы в период интенсивного клубнеобразования (24 VII, начало цветения) вызывает более резкое снижение крахмалистости клубней, чем охлаждение почвы в конце периода вегетации (24 VIII) (табл. 3).

Так, при пониженной температуре почвы в конце фазы клубнеобразования (24 VIII) не на-

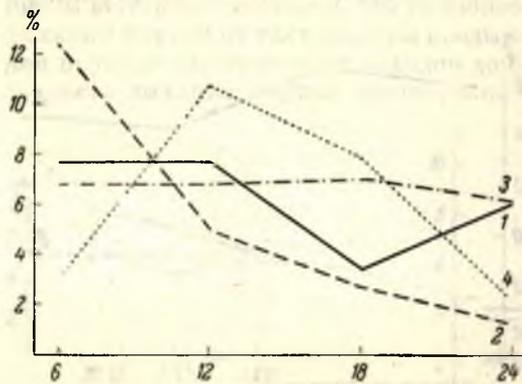


Рис. 4. Влияние температуры почвы на содержание растворимых углеводов и крахмала в нижней части стеблей картофеля в различные часы суток 25 VII.

Обозначения те же, что и на рис. 2.

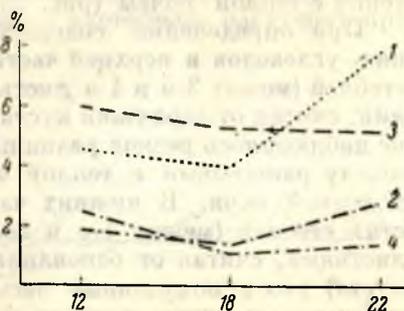


Рис. 5. Влияние температуры почвы на содержание растворимых углеводов и крахмала в нижней части стеблей картофеля в разные часы суток 25 VIII.

Обозначения те же, что и на рис. 2.

блюдалось повышенного содержания растворимых углеводов и крахмала в стеблях картофеля на холодной почве (рис. 5).

Ослабление влияния пониженной температуры почвы на содержание крахмала в клубнях в конце вегетации, очевидно, обусловлено тем, что в этот период пониженная температура почвы не вызывает резкого торможения оттока углеводов из надземной части растения.

В работе А. И. Коровина и Т. А. Барской (1960) показано, что снижение температуры почвы в период бутонизации и цветения вызывает сильное снижение урожая клубней, тогда как понижение температуры в конце клубнеобразования вызывает лишь незначительное снижение урожайности и крахмалистости клубней. Это, по-видимому, в значительной степени объясняется тем, что у картофеля в конце периода вегетации пониженная температура почвы менее резко снижает интенсивность дыхания корней и скорость оттока углеводов, чем на более ранних фазах развития.

Е. К. Кардо-Сысоева и Е. Г. Коптева (1961), сопоставляя среднюю продуктивность фотосинтеза и среднесуточный прирост сухого вещества

Таблица 3

Влияние температуры почвы на содержание растворимых углеводов и крахмала в клубнях картофеля (в % на сухой вес)

Температура почвы (в °С)	Фаза цветения, 25 VII		Перед уборкой, 24 VIII	
	растворимые сахара	крахмал	растворимые сахара	крахмал
10—14	0.06	44.3	3.52	53.04
20—25	3.58	48.7	2.88	54.03

у картофеля в Заполярье, пришли к выводу, что низкая крахмалистость клубней на Севере вызвана не торможением общего оттока пластических веществ из ботвы в клубни, а какими-то другими причинами. Однако необходимо отметить, что авторы не приводили опытов по изучению оттока пластических веществ в зависимости от температуры почвы, поэтому их работа не дает фактического материала для опровержения сделанного нами вывода об отрицательном влиянии холодных почв на отток пластических веществ из листьев в клубни.

В. Б. Зайцев и М. М. Степанова (1958) указывают, что в условиях Заполярья подогрев почвы резко повышает урожайность картофеля (в 2—4 раза). В наших опытах было отмечено, что при повышенной температуре почвы (20—25°) процессы оттока углеводов у картофеля происходят более интенсивно, чем при температуре почвы 10—14°.

На основании проведенных исследований мы приходим к следующим выводам.

1. При пониженной температуре почвы корни пшеницы и картофеля характеризуются более высокой интенсивностью дыхания, чем корни кукурузы, которая более требовательна к теплу.

2. Смена температуры в зоне корней вызывает резкие изменения в интенсивности дыхания корней, причем корни холодостойких растений, постоянно растущих при пониженной температуре, характеризуются более высокой интенсивностью дыхания по сравнению с корнями растений, перемещенных из повышенной температуры в пониженную.

3. Низкая температура почвы в период интенсивного клубнеобразования тормозит процессы оттока пластических веществ из листьев в клубни, что в значительной степени обуславливает снижение крахмалистости клубней на холодных почвах.

4. Различная отзывчивость картофеля к температуре почвы в отдельные периоды вегетации обусловлена тем, что в конце периода вегетации пониженная температура почвы менее резко снижает интенсивность дыхания корней и скорость оттока углеводов, чем на более ранних фазах развития.

ЛИТЕРАТУРА

- А н д р е й ч е н к о С. С. и З. Ф. Т и т о в а. (1959). Влияние температуры в зоне корней кукурузы на интенсивность дыхания и активность ферментов. Научн. докл. высш. шк., 2.
- Б а р с к а я Т. А. (1956). Агробиологическое изучение картофеля в условиях минеральных и торфяных почв в Карелии. Тр. Карельск. фил. АН СССР, 6.
- Д а д ы к и н В. П. (1952). Особенности поведения растений на холодных почвах. М. Дорожкин Н. А. и А. И. Ровдо. (1949). Культура картофеля на осушенных торфяниках. Минск.
- Е р м а к о в А. И., В. В. А р а с и м о в и ч, М. И. С м и р н о в а - И к о н н и к о в а и М. К. М у р р и. (1952). Методы биохимического исследования растений. М.
- Ж у р б и д к и й З. И. и С. М. В а р т а п е т я н. (1956). Влияние летнего полярного дня на ассимиляцию и клубнеобразование у картофеля. Физиол. раст., 3, 1.
- З а й ц е в В. Б. и М. М. С т е п а н о в а. (1958). Опыт тепловой мелиорации почв в Заполярье. Норильск.
- К а р д о - С ы с о е в а Е. К. и Е. Г. К о п т е в а. (1961). Рост и фотосинтез картофеля на Крайнем Севере. Физиол. раст., 8, 6.
- К е т ч е с о н Д. (1957). Влияние температуры почвы на потребность молодых растений кукурузы в фосфоре. Сельск. хоз. за рубежом, 11.
- К о ж и н а И. С. (1956). Разделение и определение углеводов растений методом распределительной хроматографии на бумаге. Бот. журн., 41, 9.
- К о м у л а й н е н А. А. и Е. П. Л а в р и н е н к о. (1960). Влияние пониженной температуры почвы на фотосинтез и дыхание растений. Тр. Карельск. фил. АН СССР, 28.
- К о р о в и н А. И. (1953). Особенности формирования урожая в условиях Севера в связи с пониженными температурами. Тр. Соликамск. с.-х. станции, 2, Пермь.
- К о р о в и н А. И. и Т. А. Б а р с к а я. (1960). Как поднять урожай на холодных почвах. Картофель, 6.

- Курсанов А. Л. (1954). Значение изотопов и других новейших методов исследований в биологии для решения вопросов сельского хозяйства. Изв. АН СССР, сер. биол., 1.
- Курсанов А. Л. (1960). Взаимосвязь физиологических процессов в растениях. М.
- Максимов Н. А. (1952). Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений, 1, М.
- Рубин Б. А. (1955). О приспособительном характере дыхания растений. Изв. АН СССР, сер. биол., 5.
- Рубин Б. А. и В. А. Соколова. (1954). Особенности реагирования дыхания озимой и яровой пшеницы на температуру. Изв. АН СССР, сер. биол., 1.
- Сабинин Д. А. (1955). Физиологические основы питания растений. М.
- Семихатова О. А. (1953). О некоторых особенностях кислородного дыхания у растений высокогорий Памира. Тр. Бот. инст. АН СССР, сер. IV, 9.
- Сычева З. Ф. и З. А. Быстрова. (1960). Влияние температуры почвы на усвоение растениями фосфора. Тр. Карельск. фил. АН СССР, 28.
- Толчинский З. Г. (1939). Опыты по земледелию на Севере Карелии. Петро-заводск.
- Туманов И. И. (1955). Причины гибели растений в холодное время года и меры ее предупреждения. М.
- Хлопин Г. В. (1928). Методы санитарных исследований, 1, Л.