

На правах рукописи

Ж.К.

КОТОВА
Зинаида Петровна

**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНИРОВАННЫХ
В КАРЕЛИИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ**

03.00.12 – физиология и биохимия растений

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

ПЕТРОЗАВОДСК
2003

Работа выполнена в лаборатории экофизиологии растений Института биологии Карельского научного центра РАН и Карельской государственной сельскохозяйственной опытной станции РАСХН

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РСФСР и КАССР С.Н. Дроздов

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корр. РАСХН, заслуженный деятель РФ В.В. Коломейченко

доктор биологических наук, профессор Е.Ф. Марковская

Ведущая организация: Санкт-Петербургский аграрный государственный университет

Защита диссертации состоится «22» октября 2003 года в 14 час. 15 мин. на заседании диссертационного совета К 002.035.01 по присуждению ученой степени кандидата биологических наук в Институте биологии Карельского научного центра РАН по адресу: 185610, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
Тел. (8142) 769810, факс (8142) 769810

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Карельского научного центра РАН

Автореферат разослан « » _____ 2003 г.

153696К

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Л.В. Топчиева

БИБЛИОТЕКА
Карельского научного
центра РАН

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ
Актуальность темы. Картофель, являясь ценным пищевым и кормовым продуктом, обладает высокой потенциальной продуктивностью. Однако, в производственных условиях, в результате низкой окультуренности почвы, агротехники возделывания и размещения даже районированных сортов без учета их эколого-физиологических характеристик и микроклиматических особенностей поля, его урожайность редко превышает 12-15 т/га. При этом, в силу ряда методических трудностей, несмотря на большой интерес исследователей к всестороннему изучению биологии картофеля к настоящему времени относительно полно изучена экофизиологическая характеристика вида (Лорх, 1948, 1960; Букасов, 1971; Коровин, 1980; Мокроносов, 1982, 1985; Головки, 1984, 1985, 1999), в то время как в сортовом разрезе имеются довольно разрозненные, в основном, качественные показатели (Косморов, 1968; Писарев, 1977, 1990; Костиук, 1994 и др.). Наряду с этим, массовое распространение вирусных заболеваний привело к необходимости выращивания оздоровленного семенного материала, полученного методом апикальной меристемы. Последнее в свою очередь также требует усиления контроля за сохранением сортовых показателей (Волкова, 1988; Трофимец, Анисимов, 1990). В настоящее время эта оценка в основном базируется на морфологических критериях. Физиологические показатели используются реже. Однако именно физиологическая пластичность во многом определяет устойчивость генотипа к экстремальным условиям среды и его продуктивность. Поэтому, эколого-физиологическая характеристика особенно ценна при определении возможности возделывания сорта в конкретных почвенно-климатических условиях. Сдерживающим фактором в развитии этих исследований долгое время являлась слабость экспериментальной базы, в первую очередь, отсутствие регулируемых условий внешней среды и методики исследований в многофакторном эксперименте, необходимом при исследовании взаимодействия физиологических процессов в растении с многопараметровой системой внешней среды. Развитие вычислительной техники и фитотроники представило возможность осуществления системных исследований в биологии путем внедрения активных многофакторных планируемых экспериментов (Курец, Попов, 1979, 1991), позволяющим перейти от изучения качественных зависимостей к их количественному выражению, к определению силы влияния факторов на биологические процессы и получать характеристики условий среды, обеспечивающих их заданную интенсивность. В качестве отклика в активных многофакторных планируемых экспериментах оценка по урожаю практически исключается ввиду весьма кратких экспозиций ступени плана – комбинаций соче-

тания уровней факторов среды. Поэтому, необходимо использовать интегральные показатели, контроль за которыми может осуществляться непрерывно и дистанционно. Итоговым звеном исследований является получение экофизиологической характеристики сорта, выраженной в форме математической модели зависимости биологических процессов от ведущих факторов внешней среды. Указанную характеристику можно получить в результате проведения эксперимента в регулируемых условиях среды или путем обработки массовых измерений исследуемого процесса и параметров внешней среды района выращивания культуры.

Цель и задачи исследований. Целью настоящей работы явилось эколого-физиологическое изучение районированных в Республике Карелия сортов картофеля, полученных методом апикальной меристемы на ранних фазах развития в лабораторных и полевых условиях. В задачу лабораторных исследований входило:

- изучить эколого-физиологическую характеристику оздоровленных растений картофеля по ряду интегральных показателей. Для этого необходимо:
- исследовать влияние экстремальных температур на терморезистентность ботвы районированных сортов картофеля;
- определить границы изменения реакции растений на условия внешней среды: фоновой зоны, холодового и теплого закаливания и повреждения;
- исследовать влияние ведущих факторов среды – света и температуры – на CO_2 -газообмен интактных растений (мериклонов) картофеля;

В полевых условиях – изучить зависимость влияния комплекса агроклиматических факторов среды на рост, развитие и формирование продуктивности картофеля и оценить их по параметрам пластичности и стабильности.

Научная новизна исследований заключается в том, что: 1) впервые определены границы терморезистентности районированных сортов картофеля и заморозко-теплоустойчивости их ботвы; 2) получена количественная оценка зависимости CO_2 -газообмена интактных растений исследуемых сортов картофеля от свето-температурных условий среды и определены параметры, обеспечивающие заданные уровни фотосинтеза; 3) дана оценка урожайности исследуемых сортов картофеля по параметрам их пластичности и стабильности; 4) установлена зависимость процессов роста и длительности этапов органогенеза районированных сортов от нестабильных факторов (температуры и влаги) внешней среды.

Практическая значимость работы. Полученные свето-температурные характеристики районированных сортов картофеля могут быть использованы для прогноза урожайности в реальных погодных условиях вегетац-

онного периода; в системе сортоиспытания для выбора образцов по эколого-физиологической характеристике; при выращивании семенного материала, полученного методом апикальной меристемы.

Апробация работы. Материалы диссертации были представлены на Международной конференции «Актуальные вопросы экологической физиологии растений в XXI веке» (Сыктывкар, 2001); на Международном семинаре по кормам и Проктам (Петрозаводск, 2002); научной конференции, посвященной 10-летию РФФИ (Петрозаводск, 2002).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе 2 статьи.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4-х глав; заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы; включающего 229 наименования, в числе которых 44 – на иностранных языках; изложена на 128 страницах машинописного текста, содержит 19 таблиц и 15 рисунков.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования служили растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.), полученные методом апикальной меристемы. При посадке были использованы миниклубни сортов: Пушкинец – селекций Ленинградского СХИ; ранний; Латона – селекций фирмы «Z. P. S.» (Нидерланды), ранний; Детскосельский – селекций ВИР, среднеранний; Невский – селекций Северо-Западного НИИСХ, среднеранний; Елизавета – селекций Северо – Западного НИИСХ, среднеранний; Нида – селекций Литовского НИИЗ, среднеспелый.

Растения выращены из оздоровленного семенного материала и дальнейшего ускоренного размножения *in vitro* и *in vivo*. Все миниклубни, используемые в экспериментах, были выращены на Карельской государственной сельскохозяйственной опытной станции. Исходный материал получали по методике Эстонского НИИ Земледелия и мелиорации (Розенберг, 1984).

Экспериментальный материал собран в 1997-2000 гг.

Терморезистентность растений оценивали методом прямого температурного воздействия на растения с последующим определением (LT_{50}) гибели клеток (Дроздов, Балагурова, 1990). Холодоустойчивость определяли методом промораживания высечек из листьев. Аналогично определялась теплоустойчивость, тестирование которой проводили путем 5-ти минутного прогрева высечек в водных термостатах. Для определения границ температурных зон сосуды с растениями переносили из факторостатных условий в аналогичные камеры с заданными температурами в исследуе-

мом диапазоне, различающимися между собой на 5°C, и ежедневно, в течение 3-7 дней определяли холодо- и теплоустойчивость. Повторность в пределах одного варианта 6-кратная. Достоверность различий между отдельными сортами оценивали с помощью НСР₀₅, используя 5% уровень значимости.

Влияние света и температуры на CO₂-газообмен растений изучали методом активного планируемого многофакторного эксперимента (Курец, Попов, 1991) по плану эксперимента 3²//7 (Голикова и др., 1974), варьируя в ассимиляционной камере освещенность и температуру на трёх уровнях. Экспозиция при каждом сочетании освещенности и температуры составляла 1 ч и была достаточна для достижения стационарного уровня газообмена. Опыты по указанной схеме повторяли дважды. Об изменениях CO₂-газообмена судили по поглощению углекислоты целым растением на свету (нетто-фотосинтез - Pn) и выделению CO₂ в темноте (темновое дыхание - R) рассчитывали скорость истинного поглощения CO₂ (грасс-фотосинтез - P_g), как сумму скоростей процессов на свету и в темноте. По экспериментальным данным строили температурные кривые, подобранные методом наименьших квадратов (пакет статистических программ Statistica, version 5.0 для Windows).

Данные полевых опытов получены на Карельской государственной сельскохозяйственной опытной станции и любезно представлены Инспектурой госкомиссии по испытанию сельскохозяйственных культур по Республике Карелия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Терморезистентность ботвы картофеля

Из числа факторов внешней среды температура является одним из ведущих, поскольку влияет на все стороны жизнедеятельности - фотосинтез, дыхание, рост, поглощение и ассимиляцию элементов минерального питания, водообмен (Александров, 1975; Лархер, 1978; Гуманов, 1979; Дроздов, 1984; Головкин, 1999; Levitt, 1980; Larcher, 1995).

Определение границ температурных зон двух различных по спелости сортов картофеля показало (рис.1), что фоновая зона сорта Пушкинец находится в диапазоне температур от 9 до 23°C, среднеспелого сорта Нида шире на 2°C (9 - 25°C). Зоны холодого закаливания обоих сортов имеют равные температурные диапазоны от 0 до 9°C. Зона теплового закаливания сорта Нида (25 - 40°C), по сравнению с сортом Пушкинец (23 - 39°C), шире на 1°C. Температуры -1°C и ниже являются повреждающими, как для сорта Пушкинец, так и для сорта Нида.

Определенные ранее температурные границы (9 - 19°C) среднеспелого сорта Берлихенген (Дроздов и др., 1990) несколько уже, чем границы фоновых зон более новых сортов Пушкинец и Нида. Зоны холодого закаливания совпадают у всех сортов!



Рис.1. Границы зон незакаленной ботвы картофеля

Различия наблюдались в зоне теплового закаливания, которая шире у сорта Берлихенген (19 - 38°C) за счет сужения фоновой зоны. Опыт показал, что температурные границы зон растений имеют сортовые особенности, но диапазон толерантных температур листьев незакаленных растений у испытанных сортов картофеля (рис. 1) почти одинаков.

Сравнение фенотипической устойчивости исследуемых сортов в фазу всходов показало, что наиболее холодоустойчивыми являются растения среднераннего сорта Елизавета, начало повреждений клеток листа которых происходит при -3,9°C. Сорта Латона, Детскосельский и Нида близки по терморезистентности, но уступают сорту Елизавета. Наименее устойчив к промораживанию сорт Пушкинец -3,0°C. Сопоставление полученных результатов по определению терморезистентности районированных сортов с литературными данными (Дроздов и др., 1977) подтверждают высказанные предположения о несколько повышенной устойчивости районированных в Карелии сортов к пониженным температурам (разница составляет -1-1,8°C).

По теплоустойчивости сорта подразделяются на две группы: наименьшую устойчивость имеют ранние сорта Пушкинец и Латона. Несколько более устойчивы среднеранние сорта Елизавета, Детскосельский, Невский и среднеспелый сорт Нида. Наиболее высокая устойчивость у сорта Елизавета, наименьшая – у сорта Пушкинец.

Анализ литературных данных и проведенные исследования показали, что фоновые температуры, не влияющие на терморезистентность листьев картофеля, находятся в пределах 9-23°C (с. Пушкинец) и 9-25°C (с. Нида). Действие более низких температур в диапазоне 0+9°C повышает холодоустойчивость ботвы до -3-4°C; действие температур в диапазоне 25-38°C повышает ее теплоустойчивость. Температурные границы зоны зависят от сорта и условий внешней среды.

2. Свето-температурные характеристики CO₂-газообмена картофеля

Одним из интегральных физиологических показателей, чутко реагирующих на изменение условий среды, коррелирующих с биологической продуктивностью является CO₂-газообмен интактного растения (Лархер, 1978; Моделирование роста и продуктивность с/х культур, 1986; Курец, Попов, 1988), контроль за которым можно осуществлять дистанционно.

В двухфакторном планируемом эксперименте по изучению влияния света и температуры на нетто-фотосинтез интактных растений шести сортов картофеля получены данные для расчета коэффициентов регрессионных уравнений, анализ которых показывает, что исследованные сорта достоверно различаются друг от друга по свето-температурной зависимости фотосинтетического поглощения углекислоты. Введение коэффициентов уравнения позволило получить модели влияния света и температуры на CO₂-газообмен интактных растений исследуемых сортов картофеля.

Анализ моделей показал (табл.1), что потенциальный максимум интенсивности видимого фотосинтеза интактных растений картофеля в фазе 3-4 настоящих листьев варьирует у сортов от 10,56 мг CO₂/г·ч (с. Пушкинец) до 13,34 мг CO₂/г·ч (с. Нида). Максимум нетто-фотосинтеза у сортов достигается при температуре от 16,5 (с. Елизавета) до 24°C (с. Пушкинец) и освещенности от 42 клк (с. Елизавета) до 50 клк (с. Пушкинец).

Наиболее теплолюбивым проявил себя ранний сорт Пушкинец, наименее требователен к теплу - среднеранний сорт Елизавета. У этих

сорт самый широкий диапазон оптимума CO₂-газообмена, который составляет 20°C.

Таблица 1
Свето-температурная характеристика нетто-фотосинтеза интактных растений исследуемых сортов картофеля в фазе 3-4 настоящих листьев

Сорт	Максимум нетто-фотосинтеза и свето-температурные значения его достижения			Температурные границы областей оптимума, °C	
	мг CO ₂ /г·ч	клк*	°C	min	max
Пушкинец	10,56	50	24,0	15,0	35,0
Латона	12,29	43	18,0	9,0	27,5
Детскосельский	12,95	44	22,0	13,0	30,5
Невский	12,67	48	24,0	13,8	33,0
Елизавета	11,49	42	16,5	6,5	26,5
Нида	13,34	44	20,0	12,2	28,8

* - 1 клк соответствует 10 Вт/м²

Температурная зависимость нетто-фотосинтеза интактных растений различных сортов картофеля при свете разной интенсивности в графическом виде изображается кривой второго порядка (рис.2). При усилении освещенности максимум интенсивности нетто-фотосинтеза смещается в сторону увеличения температуры. Наименьшие значения максимума видимого фотосинтеза у сорта Пушкинец, наибольшие – у сорта Нида. При пониженной освещенности 10 клк наиболее высокой интенсивностью нетто-фотосинтеза характеризуется сорт Латона.

В связи с тем, что в природной обстановке редко наблюдаются условия среды, обеспечивающие потенциальный максимум нетто-фотосинтеза растений, более важны параметры области оптимума. При этом от диапазона оптимума во многом зависит продуктивность CO₂-газообмена картофеля имеющего плосковершинные характеристики температурных и световых кривых, свидетельствующих о его пластичности. В целом, ширина температурного оптимума при наибольшем световом обеспечении растений исследуемых сортов картофеля находится в пределах от 6,5 до 35°C. Полученные данные согласуются с имеющимися в литературе сведениями о влиянии температуры воздуха на фотосинтез картофеля (Головки, 1984).

Анализ световых кривых потенциального нетто-фотосинтеза картофеля свидетельствует, что при понижении температуры область насыщения смещается в сторону понижения освещенностей (рис.3).

Важными показателями, характеризующими пластичность сорта, являются компенсационные точки, определенные по моделям. При средней температуре в опыте (15°C) сорт Пушкинец имеет самую высокую освещенность точки компенсации. У всех сортов картофеля по мере уменьшения температуры сдвигается положение компенсационной кривой фотосинтеза в сторону уменьшения освещенности.

Свето-температурные условия, обеспечивающие максимум видимого фотосинтеза специфичны для сорта. Наиболее свето- и теплолюбив сорт Пушкинец (50 клк и 24°C). Менее требователен к температуре и освещенности сорт Елизавета, максимум видимого фотосинтеза которого достигается при температуре 16,5°C. Вероятно поэтому, имея относительно невысокий уровень оптимума нетто-фотосинтеза, сорт Елизавета имеет наибольшую урожайность в условиях Республики, температурные значения которой близки к его потребностям. Ближе всего к сорту Елизавета по оптимальным параметрам фотосинтеза имеет ранний сорт Латона, температурная граница оптимума которого находится в диапазоне 9-27°C. Сравнение температурных характеристик изученных сортов картофеля свидетельствует о значительно большей лабильности к условиям среды фотосинтетического аппарата раннего сорта Латона и среднераннего сорта Елизавета по сравнению с другими сортами.

Варьирование температуры воздуха и уровней облученности приводит к существенному изменению CO₂-газообмена интактных растений картофеля различных сортов на ранних этапах развития. При определении зоны оптимума нетто-фотосинтеза выявлено совпадение ее границ с фоновой зоной терморезистентности исследуемых сортов картофеля. Температурные границы областей оптимума нетто-фотосинтеза смещены в сторону понижения температуры (до 6,5°C) у среднераннего сорта Елизавета и в сторону повышения температуры (до 35°C) у раннего сорта Пушкинец.

Свето-температурная характеристика CO₂-газообмена растений может быть использована при выращивании оздоровленного материала в контролируемых условиях среды различных по скороспелости сортов картофеля, когда необходимо четко соблюдать их требования к условиям роста *in vitro* и *in vivo*.

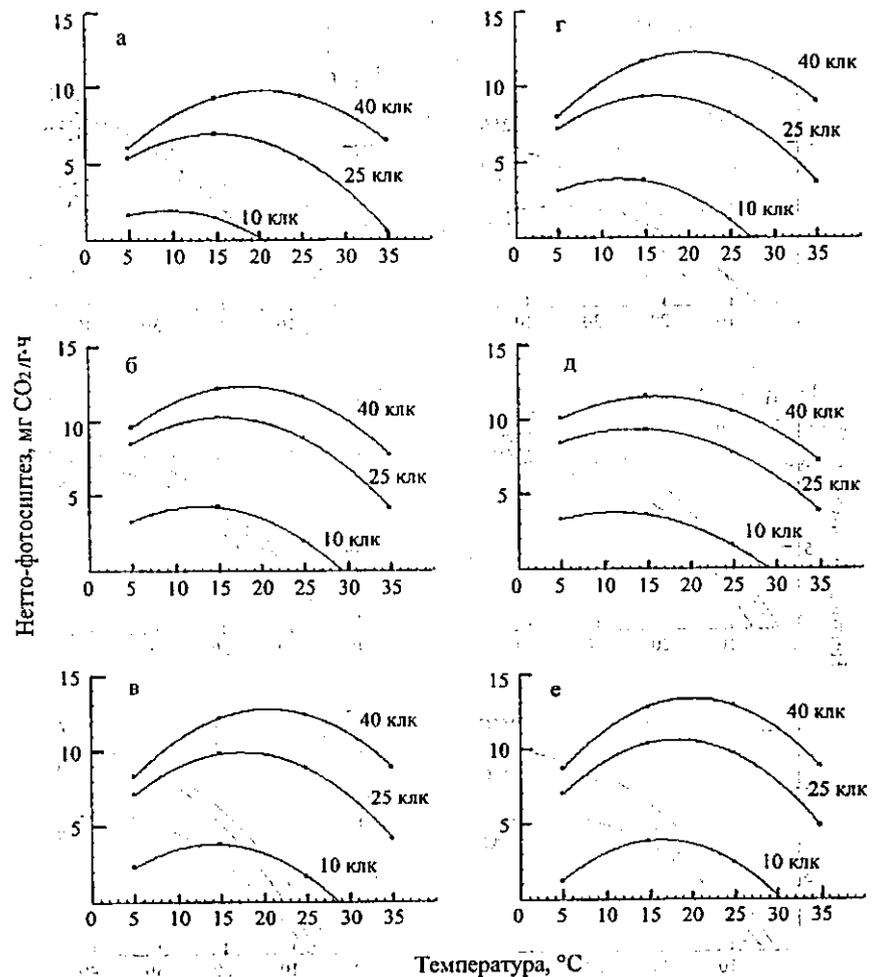


Рис.2. Температурные кривые нетто-фотосинтеза интактных растений картофеля сортов: а) Пушкинец; б) Латона; в) Детскосельский; г) Невский; д) Елизавета; е) Нида, при освещенности 10, 25 и 40 клк

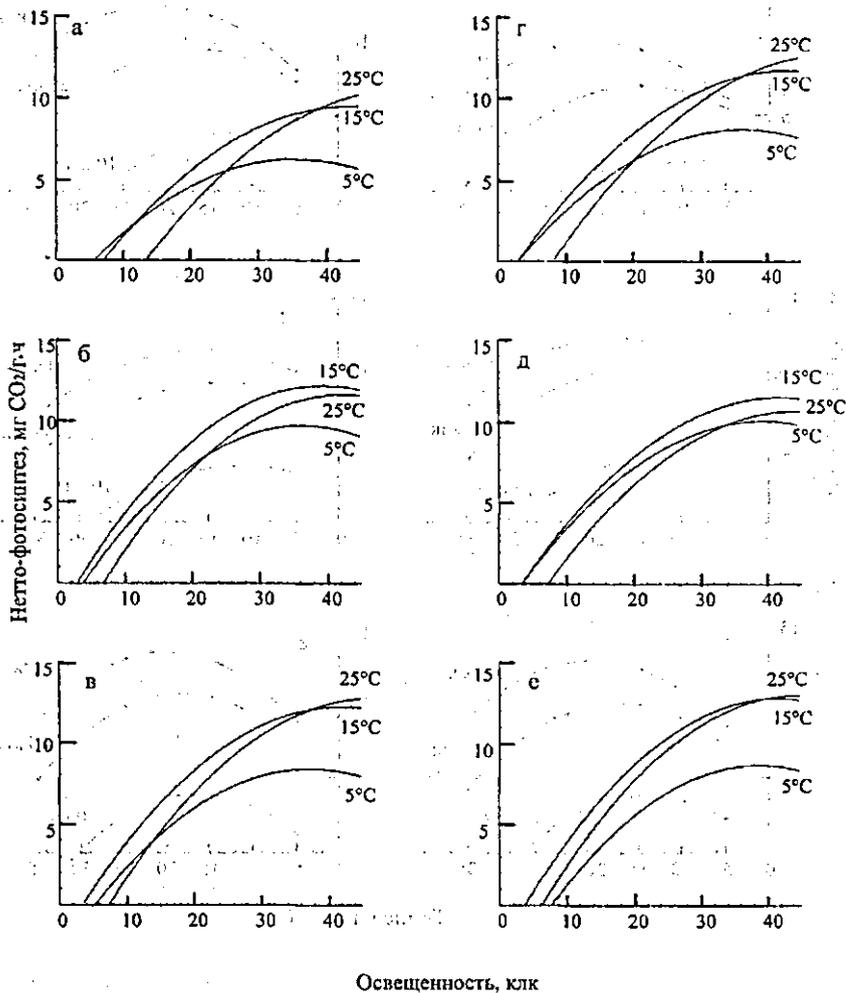


Рис.3. Световые кривые нетто-фотосинтеза интактных растений картофеля сортов: а) Пушкинец; б) Латона; в) Детскосельский; г) Невский; д) Елизавета; е) Нида, при температуре 5, 15 и 25°C

Рис.4. Влияние температуры на дыхание интактных растений картофеля. Дыханию в продукционном процессе растений отводится роль источника энергии и поставщика промежуточных соединений для синтеза биомассы (Семихатова, Заленский, 1982; Семихатова, 2000). Вместе с тем при дыхании расходуется весьма значительная часть углеводов растения (Куперман, Хитрово, 1977), эффективное расходование которых в процессе дыхания способствует увеличению баланса CO_2 -газообмена (разности между фиксацией и выделением углекислоты) и, тем самым продуктивности растений.

Проведенные опыты показали (рис.4), что в исследованном диапазоне температур 2-38°C ассимиляция CO_2 целыми растениями на свету и выделение углекислоты в темноте наименьшие в зоне температур холодового закаливания.

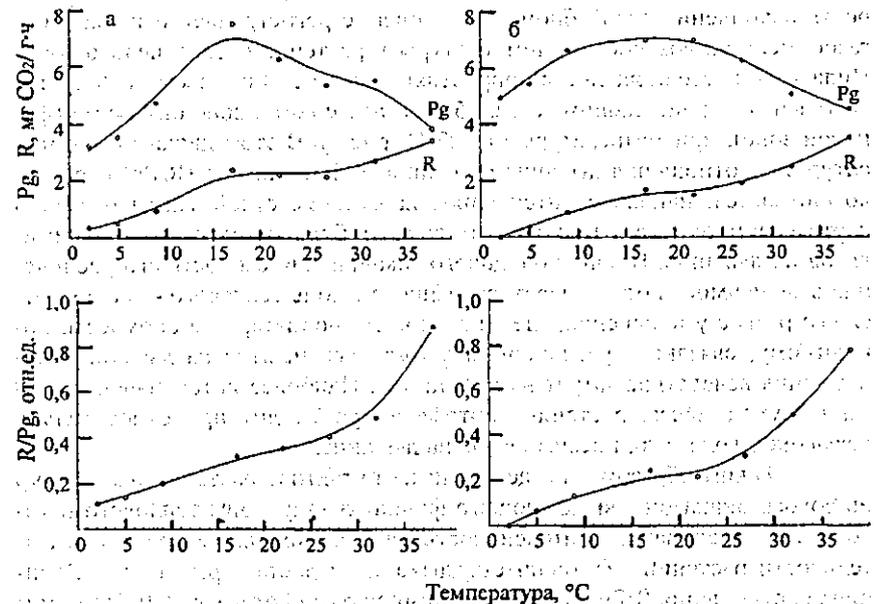


Рис.4. Влияние 5-суточного воздействия температуры на gross-фотосинтез (P_g), дыхание (R) и долю дыхательных затрат (R/P_g) интактного растения картофеля сортов Пушкинец (а) и Нида (б) при освещенности 10 клк

В опытах проявилось различие в уровне дыхания растений в области фоновых значений температур — дыхание у сорта Пушкинец было примерно в 1,5 раза выше, чем у сорта Нида. При дальнейшем увеличении температуры выше фоновых значений, скорость фотосинтеза снижалась, а дыхание растений изучаемых сортов картофеля прогрессивно увеличивалось, достигая уровня 50% от gross-фотосинтеза при 30°C.

При переходе из зоны закалывающих температур в зону оптимальных (фоновых) температур, выше +9°C у картофеля отмечалось повышение фотосинтеза вслед за увеличением температуры до 20-22°C и его снижение в зоне закалывающих к теплу температур (рис. 4а и 4б).

Дыхание растений постепенно увеличивалось по мере повышения температуры до начала фоновой зоны. При ее повышении в этой зоне величина отношения R/Pg стабилизировалась. В то время как в зонах холодового и теплового закалывания она возрастала по мере повышения температуры и в результате усиления дыхания приближалась к 0,8-0,9.

Одним из показателей CO₂-газообмена растений является скорость накопления сухой биомассы. Наряду с регистрацией отклика CO₂-газообмена на воздействие температуры у растений среднеспелого сорта Нида (3-4 настоящих листа) определяли прирост биомассы за 5 суток, который был наибольшим (0,4-0,45 г на растение) в зоне оптимума (фоновой зоне), при температуре +17-27°C (рис.5). В этом диапазоне температур рост отношения дыхания и истинного фотосинтеза (R/Pg) несколько снижается; наиболее интенсивное нарастание сухой массы растений картофеля происходит при относительно стабильной доле затрат ассимилятов на дыхание. В зоне холодового закалывания скорость его увеличения в зависимости от температуры выше, а в зоне теплового — наблюдается его резкое уменьшение, где снижение темпов прироста биомассы, по видимому, связано с увеличением затрат ассимилятов на дыхание поддержания вследствие затрат на адаптацию. Наиболее интенсивное нарастание сухой массы растений картофеля происходит при относительно невысокой доле затрат ассимилятов на дыхание.

Таким образом, при действии на интактное растение температур широкого диапазона, включающего фоновую зону, зоны теплового и холодового закалывания, интенсивность важнейших процессов жизнедеятельности растений — фотосинтеза, дыхания и роста — различные. Величина соотношения R/Pg возрастает с температурой от 0,1 до 0,9. При этом в области фоновых температур имеет место стабилизация доли затрат ассимилятов на дыхание.

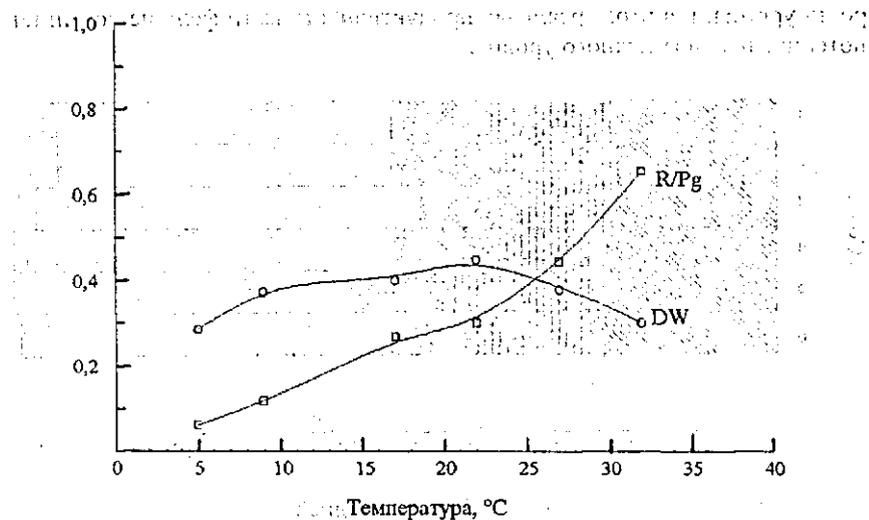


Рис. 5. Прирост сухой биомассы целого растения картофеля сорта Нида (ΔW , в граммах) за 5 суток и доля дыхательных затрат (R/Pg в отн. ед.) в зависимости от температуры.

Рис. 4. Рост и развитие картофеля в зависимости от погодных условий.

Изучение роста и развития районированных в Карелии сортов картофеля в зависимости от погодных условий вегетационного сезона показало, что прохождение отдельных фенологических фаз значительно варьируют не только от сорта, но и по годам. Продолжительность периода от посадки клубней до полных всходов за 4 года испытаний в среднем составила от 19 до 25 дней (рис.6). Более четко это проявилось на разных по скороспелости сортах: У ранних сортов Пушкинец и Латона период от посадки до всходов составил в среднем 21 день; у среднеранних Детское и Невского — 23 дня, у среднеспелого сорта Нида и среднераннего сорта Елизавета — 25 дней. Быстрое появление всходов у картофеля ускоряет наступление следующего периода роста ботвы и начала клубнеобразования, а ее продолжительность влияет на последующие межфазные периоды и является определяющей для всего дальнейшего процесса вегетации картофеля (Полевой, 1978).

В конце вегетационного периода (третья декада августа — первая декада сентября) низкие осенние температуры ограничивают темпы при-

роста урожая, и в итоге реальная продуктивность картофеля не достигает потенциально возможного уровня.

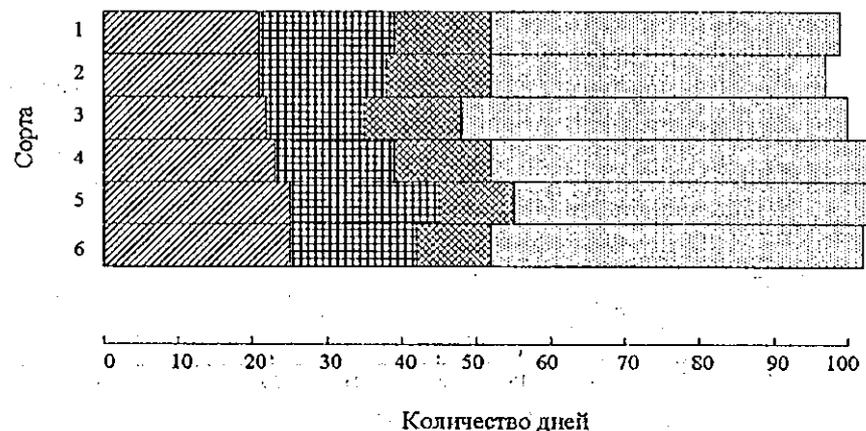


Рис. 6. Периоды развития различных сортов картофеля, в среднем за 1997-2000 гг.; 1 - с. Пушкинец; 2 - с. Латона; 3 - с. Детскосельский; 4 - с. Невский; 5 - с. Елизавета; 6 - с. Нида;

▨ - от посадки до всходов ▩ - от полных всходов до начала бутонизации; ▤ - от начала бутонизации до начала цветения; ▥ - от начала цветения до уборки

Анализ связи периодов развития картофеля с метеорологическими условиями в течение вегетации показал прямую зависимость процессов роста и развития от комплекса факторов среды, чем и вызвано отклонение в прохождении отдельных фаз вегетации. При посадке клубней в 3-й декаде мая - 1-й декаде июня всходы у картофеля в условиях республики Карелия появляются в третьей декаде июня, или через 21-25 дней после посадки. Нарастание массы ботвы происходит быстрыми темпами, и к 10-15 августа формирование ботвы в основном завершается. В онтогенезе картофеля эти сроки совпадали с окончанием фазы цветения. Продолжительность клубнеобразования картофеля и его интенсивность зависели от ряда причин: биологии сорта, почвенно-климатических условий, степени распространенности заболеваний, наступления заморозков и т. д. Естественного отмирания ботвы на завершающих этапах роста и развития практически не отмечалось.

Результаты анализа погодных условий региона за 4 года исследований показали зависимость их влияния на продуктивность картофеля. Колебания урожайности картофеля по годам побудили к изучению эколого-физиологических причин, лежащих в их основе, и путей их преодоления.

Поведение сорта в зависимости от погодных условий вегетационного периода отражают параметры его пластичности через коэффициенты регрессии и стабильности (среднее квадратичное отклонение от линии регрессии). Коэффициент регрессии (b_i) показывает, на сколько единиц меняется урожайность сорта при изменении индекса условий на единицу. Чем меньше квадратичное отклонение фактических показателей от теоретически ожидаемых (коэффициент стабильности), тем стабильнее сорт (Склярова, Жарова, 1998).

Оценку значимости различий между сортами, условиями и их взаимодействиями проводили методом двухфакторного дисперсионного анализа (Доспехов, 1979).

Для расчета коэффициента регрессии (b_i) использовали уравнение: $b_i = \sum x_{ij} I_j / I_j^2$, где x_{ij} - урожайность i -сорта в j -х условиях; I_j - индекс влияния условий среды для j -го пункта (года) испытания.

Индекс влияния условий среды рассчитывали по формуле: $I_j = (\sum x_{ij} / v) - (\sum \sum x_{ij} / n)$, где $\sum x_{ij}$ - сумма урожаев всех сортов в j -год испытания; v - число испытываемых сортов; n - число лет испытаний; $\sum \sum x_{ij}$ - сумма урожаев всех сортов по всем годам.

Прогнозируемую урожайность рассчитывали через коэффициент регрессии и индекс условий среды: $x_{ij} = x_i + b_i I_j$, где x_i - средняя урожайность i -го сорта за годы испытаний; b_i - коэффициент регрессии; I_j - индекс условий среды.

Отклонение теоретических урожаев от фактических для расчета дисперсии стабильности (S_i^2) определяли по формуле $d_{ij} = x_{ij} - x_{ij}$; дисперсию (коэффициент стабильности) - как сумму квадратов отклонений (d_{ij}): $S_i^2 = \sum d_{ij}^2$.

Среднее фенотипическое проявление урожайности у изучаемых сортов значительно колебалось (табл.2). Наиболее урожайными были сорта Латона, Невский и Елизавета. Однако они различались по проявлению признака урожайности по годам. Так, у сорта Латона она варьировала от 17,0 до 29,7 т/га, у сортов Невский и Елизавета изменчивость значительно меньше и составляет соответственно, от 21,6 до 30,1 т/га и от 23,4 до 28,4 т/га в зависимости от метеоусловий года.

153696k



В исследуемом наборе сортов наибольшей реакцией на условия года отличался сорт Латона ($b_i = 1,8$), его характеризует нестабильное поведение в зависимости от условий среды ($S^2=29,2$). По сравнению с ним сорт Невский характеризуется более стабильной урожайностью ($S^2=15,5$) и коэффициентом регрессии ($b_i = 1,3$).

Таблица 2

Средняя урожайность районированных сортов картофеля, полученная на 3-х ГСУ за 1997-2000 годы

Сорт	Урожайность, т/га				средняя по сорту	b_i^*	S^{2**}
	1997	1998	1999	2000			
Пушкинец	21,2	20,7	24,8	19,3	21,5	0,9	0,62
Латона	17,0	19,2	29,7	22,3	22,1	1,8	29,2
Детскосельский	19,5	17,1	21,1	18,8	19,1	0,4	4,8
Невский	24,3	28,6	30,1	21,6	26,2	1,3	15,5
Елизавета	28,4	27,1	28,5	23,4	26,8	0,8	11,2
Нида	20,7	20,3	23,8	20,1	21,2	0,7	2,1
В среднем по году	21,9	21,2	26,3	20,9	22,8		
Индекс условий среды, I_t	-0,98	-0,64	3,5	-1,93			

* - коэффициент регрессии;

** - коэффициент стабильности

Высокой урожайностью (26,8 т/га) и коэффициентом регрессии, близким к 1 ($b_i = 0,8$), характеризуется пластичный сорт Елизавета, продуктивность его относительно стабильна по годам ($S^2=11,2$). Близки по коэффициенту регрессии к сорту Елизавета сорта Пушкинец ($b_i = 0,7$) и Нида ($b_i = 0,9$).

Полученные данные по пластичности и стабильности картофеля аналогичны результатам других авторов, изучавшим вопросы взаимодействия факторов «сорт» и «среда» различными методами (Костюк, 1989, 1993; Склярова, Жарова, 1998).

Рассчитанные коэффициенты регрессии соответствуют величинам тангенсов угла наклона линий регрессии, что позволяет построить график для визуальной оценки пластичности, где на линии абсцисс откладываются индексы среды, а на линии ординат — теоретические (прогнозируемые) показатели урожайности (рис. 7).

Таким образом, анализ пластичности и стабильности показал, что к сортам интенсивного типа относятся Латона и Невский; пластичным —

Елизавета, Пушкинец, Нида. Высокостабильным по урожайности являются сорта Невский и Елизавета.

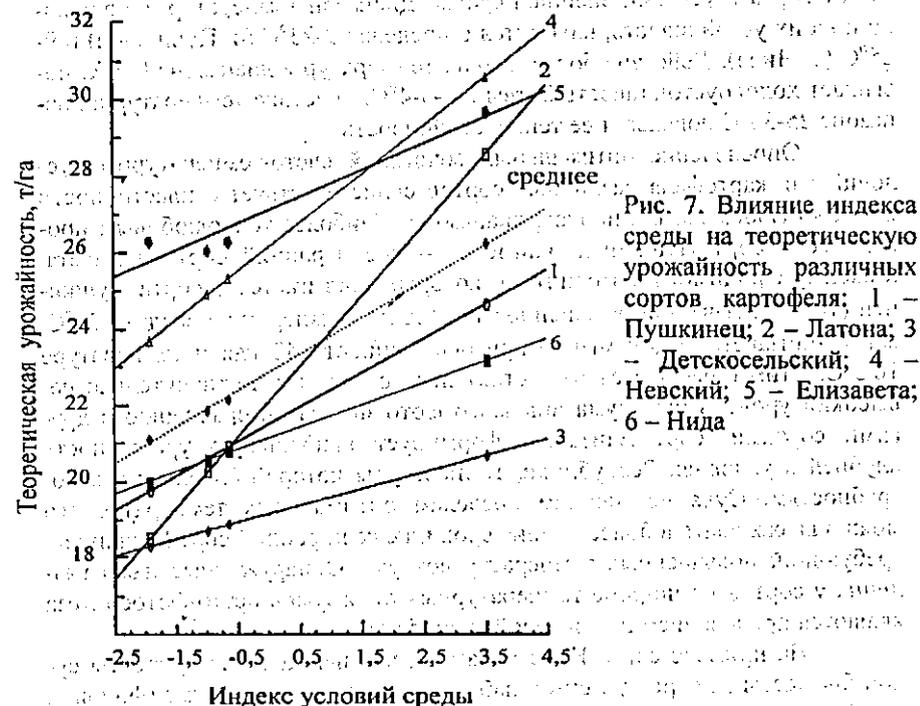


Рис. 7. Влияние индекса среды на теоретическую урожайность различных сортов картофеля: 1 — Пушкинец; 2 — Латона; 3 — Детскосельский; 4 — Невский; 5 — Елизавета; 6 — Нида

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение влияния ведущих факторов среды — температуры и освещенности на CO_2 -газообмен интактных растений картофеля, полученных методом апикальной меристемы на ранних фазах развития (фаза всходов) и изменения их реакции в исследуемом диапазоне температур, с количественным определением интенсивности и параметров основных факторов внешней среды, позволило выявить основные закономерности их влияния на направленность и интенсивность исследуемых биологических процессов. Оценена изменчивость процессов роста, органогенеза и формирования продуктивности оздоровленных сортов картофеля в зависимости от влияния климатических условий вегетационных сезонов и выявлены на основе количественных параметров пластичности и стабильности сор-

та, имеющие наибольшую онтогенетическую адаптивность к меняющимся условиям среды.

Установлено, что границы терморезистентности растений зависят от сорта и условий внешней среды. Диапазон температур, не влияющий на их устойчивость, находится в пределах 9-23°C (с. Пушкинец) и 9-25°C (с. Нида). Действие более низких температур в диапазоне 0+9°C повышает холодоустойчивость ботвы на -3-4°C; действие температур в диапазоне 25-38°C повышает ее теплоустойчивость.

Определение оптимальных сочетаний свето-температурных условий для картофеля различных сортов свидетельствует о пластичности их CO_2 -газообмена в широком диапазоне. Наиболее теплолюбивым проявил себя сорт Пушкинец, наименее — среднеранний сорт Елизавета. Максимум видимого фотосинтеза, которых достигается у сорта Пушкинец (10,78 мг/г·ч) при освещенности 50 клк и температуре воздуха 24°C, сорта Елизавета (11,49 мг/г·ч) при освещенности 42 клк и температуре 16,5°C. Этим объясняется то обстоятельство, что, имея относительно невысокий уровень оптимума видимого фотосинтеза по сравнению с другими сортами, сорт Елизавета формирует наибольшую урожайность клубней в условиях Республики, температуры которой близки к его потребностям. Судя по нижним пределам оптимальных температур его можно высаживать в более ранние сроки, нежели ранний сорт Пушкинец, требующий повышенных температур воздуха. Обнаруженные нами различия у сортов по ширине температурных оптимумов нетто-фотосинтеза являются проявлением их сортовой специфики.

На примере сорта Нида показано, что наибольшие приросты сухой биомассы за период 5 суток наблюдаются в зоне оптимума (фоновой зоне), при температуре 17-27°C. В области фоновых температур имеет место стабилизация доли затрат ассимилятов на дыхание. Величина соотношения варьирует от 0,1 до 0,9, постепенно увеличиваясь по мере повышения температуры. Полученная закономерность в действии температур разных зон на изменение доли дыхательных затрат делает возможным использование величины соотношения дыхания к грубо-фотосинтезу для сравнения устойчивости различных сортов картофеля.

Агроклиматические условия региона имеют отчетливо выраженный экстремальный характер и предъявляют достаточно жесткие требования к биологическим особенностям возделываемого картофеля. Для нормального роста и развития, возделываемые сорта должны обладать широким диапазоном онтогенетической адаптивности, обеспечивающим устойчивое формирование урожая в быстро меняющихся условиях окружающей среды — света, температуры, запасов продуктивной влаги в почве.

Исследования подтвердили зависимость продолжительности фаз развития картофеля от погодных условий вегетационного периода. Различия между сортами были отмечены уже на начальных фазах (от посадки до полных всходов). Наиболее наглядно это проявилось на различных по скороспелости сортах. Показана необходимость посадки картофеля в более ранние сроки, с целью сокращения продолжительности начальной фазы развития (всходы), оптимизируя тем самым прохождение следующих периодов в процессе вегетации картофеля и создавая благоприятные условия для формирования урожая. При этом следует учитывать сортовые особенности и специфику выращивания.

Комплексный анализ продуктивности исследуемых сортов картофеля, позволил оценить показатели их пластичности и стабильности и подтвердил достоверность экспериментальных исследований, проведенных в регулируемых условиях среды.

ВЫВОДЫ:

1. Исследования терморезистентности оздоровленных сортов картофеля в фазу 3-4 настоящих листьев (фаза всходов) в диапазоне температур от 0 до 39°C показали, что температурные границы жизнедеятельности картофеля, различающегося по скороспелости, зависят от сорта. Наиболее холодоустойчив среднеранний сорт Елизавета, более требователен к теплу ранний сорт Пушкинец.
2. Изучение CO_2 -газообмена интактных растений в фазу активной вегетации методом планируемого многофакторного эксперимента позволило получить нелинейные уравнения связи нетто-фотосинтеза со светом и температурой. Анализ уравнений показал, что оздоровленные сорта картофеля обладают достаточно высокой интенсивностью нетто-фотосинтеза, с максимумом от 10,6 до 13,3 мг CO_2 /г·ч при освещенности от 42 до 50 клк и температуре от 16,5 до 24°C. При этом наиболее требователен к температуре и освещенности ранний сорт Пушкинец, максимум видимого фотосинтеза (10,78 мг CO_2 /г·ч) которого достигается при температуре 24°C и освещенности 50 клк. Среднеранний сорт Елизавета наименее требователен к температуре и освещенности, максимум нетто-фотосинтеза (11,49 мг CO_2 /г·ч) которого достигается при 16,5°C, освещенности 42 клк. Диапазон оптимума нетто-фотосинтеза варьирует у сорта Елизавета от 6,5 до 26,5°C.
3. Интенсивность темнового дыхания различных по скороспелости сортов картофеля возрастает с повышением температуры по кри-

вой с максимумом в области фоновых (оптимальных) температур. В этой же зоне преобладает компонента дыхания роста. При закаливании растений (к холоду и теплу) резко возрастает компонента дыхания подержания. Величина соотношения дыхания и гросс-фотосинтеза у картофеля варьирует в зависимости от освещенности и температуры в пределах от 0,1 до 0,9. При повышенных температурах, в фоновой зоне, доля дыхательных затрат больше, чем при пониженных, и соотношение R/Pg приближается к 1. При температуре теплового закаливания дыхание у растений по интенсивности было близким к 50% от максимума фотосинтеза.

4. Установлена зависимость процессов роста и продолжительность этапов органогенеза от факторов среды в большей степени, чем от сорта. Варьирование урожайности картофеля по годам зависит от продолжительности этапов органогенеза и адаптации растений к меняющимся условиям сезона.

5. Разработан комплексный подход оценки зависимости изменения продуктивности оздоровленных сортов картофеля от условий среды. Проведенный дисперсионный анализ 4-х летних полевых исследований по продуктивности различных сортов в зависимости от погодных условий подтвердил результаты, полученные в активных многофакторных экспериментах. Эколого-физиологический анализ показал, что высокостабильным по урожайности является сорт Елизавета, физиологические характеристики которого, наиболее соответствуют климатическим условиям региона.

6. Показано, что эколого-физиологическая характеристика терморезистентности и CO_2 -газообмена объективно отражает потребности сорта в условиях напряженности факторов внешней среды и потому может быть использована для предварительной оценки в селекции, интродукции и внутрихозяйственном размещении.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Свето-температурная характеристика сортов, полученная в результате планируемых многофакторных экспериментов, может быть использована как в селекционной работе, так и при выборе условий выращивания оздоровленного материала.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Котова З.П., Попов Э.Г. Эколого-физиологическая характеристика ряда сортов картофеля // Тез. докладов к 4 съезду Общества физиологов растений «Физиология растений – наука III тысячелетия». Москва, 1999. С. 63-64
2. Дроздов С.Н., Обшатко Л.А., Котова З.П. Эколого-физиологическая оценка семенного материала картофеля // Материалы научно-практической конференции «Научно-методические, организационные и инновацион. аспекты семеноводства с/х культур в Северо-Западном регионе РФ». Санкт-Петербург, 1999. С. 32
3. Котова З.П., Таланов А.В. Свето-температурные характеристики некоторых сортов картофеля // Материалы IX Международного симпозиума «Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование». Сыктывкар, 1999. С. 94-95
4. Котова З.П. Способы ускоренного размножения картофеля // Тез. докл. «Морфофизиология специализированных побегов многолетних травянистых растений» Сыктывкар, 2000. С. 97
5. Таланов А.В., Котова З.П., Обшатко Л.А. Сравнительная характеристика CO_2 -газообмена интактных растений картофеля при различных температурах // Тез. докладов «Актуальные вопросы экологической физиологии растений в XXI веке». Сыктывкар, 2001. С.117
6. Котова З.П. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов картофеля. Сб. научных трудов «Интеграция научных разработок в аграрном секторе рыночной экономики». Новая Вилга, 2002. С. 121-126
7. Синицкая А.В., Котова З.П. Реализация программы семеноводства картофеля в Республике Карелия // Сб. научных трудов «Интеграция научных разработок в аграрном секторе рыночной экономики». Новая Вилга, 2002. С. 109-112
8. Таланов А.В., Дроздов С.Н., Котова З.П., Попов Э.Г., Курец В.К. Свето-температурная характеристика ряда районированных сортов картофеля // Тез. докладов научной конференции, посвященной 10-летию РФФИ «Карелия и РФФИ». Петрозаводск, 2002. С.43
9. Таланов А.В., Котова З.П., Обшатко Л.А., Курец В.К., Дроздов С.Н. Характеристика составляющих CO_2 -газообмена интактных растений картофеля при разных температурах // Тез. докладов научной конференции, посвященной 10-летию РФФИ «Карелия и РФФИ». Петрозаводск, 2002. С.45