

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ

КАФЕДРА БОТАНИКИ И ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

Направление: 06.03.01 - Биология

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ОСОБЕННОСТИ ФОТОСИНТЕЗА ЛИСТЬЕВ КАРТОФЕЛЯ
ВЫРАЩЕННОГО В ТЕПЛИЦАХ С РАЗНЫМ ПРОЗРАЧНЫМ
ПОКРЫТИЕМ

Работа завершена:

«__» _____ 2016 г. _____ (Е.В. Жарников)

Работа допущена к защите:

Научный руководитель

д.б.н., профессор

«__» _____ 2016 г. _____ (В.Н. Чиков)

Заведующий кафедрой

д.б.н., профессор

«__» _____ 2016 г. _____ (О.А. Тимофеева)

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	5
1.1 Роль фотосинтеза в продукционном процессе растений	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Образование первичных продуктов фотосинтеза..	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Транспорт ассимилятов в растении .	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Транспорт ассимилятов внутри ассимилирующей клетки	Ошибка! Закладка не определена.
1.5 Роль внеклеточного пространства в регуляции физиологических процессов	Ошибка! Закладка не определена.
1.6 Роль рН внеклеточного пространства в регуляции фотосинтеза и транспорта ассимилятов	Ошибка! Закладка не определена.
1.7 Ферментативная активность апопластной жидкости.	Ошибка! Закладка не определена.
1.8 Участие апопластного пространства в регуляции транспорта ассимилятов из листьев	Ошибка! Закладка не определена.
1.9 Участие поликарбоната на фотосинтез растений ..	Ошибка! Закладка не определена.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	Ошибка! Закладка не определена.
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Объект исследования	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Проведение опытов с меченым углеродом	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Хроматографический метод анализа	Ошибка! Закладка не определена.
3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Характеристика используемых в опыте покрытий из поликарбоната	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
ВЫВОДЫ	6

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АБК – абсцизовая кислота
АДФ – аденозиндифосфорная кислота
АТФ – аденозинтрифосфорная кислота
АФК – активные формы кислорода
ГТФ – гуанинтрифосфорная кислота
ДАС – донорно-акцепторная система
ДГАФ – дигидроксиацетонфосфорная кислота
НАД(Ф) – никотинамидадениндинуклеотид(фосфат)
НР – нитратредуктаза
РБФ – рибулозо-1,5-бисфосфат
РБФК/О – рибулозобисфосфаткарбоксилаза/оксигеназа
РЦ – реакционный центр
СК – сопровождающая клетка
СОД – супероксиддисмутаза
ТФТ – триозофосфаттранслокатор
УДФ – уридиндифосфат
УДФГ – уридиндифосфатглюкоза
УФ-излучение – ультрафиолетовое излучение
ФАР – фотосинтетически активная радиация
ФГА – фосфоглицериновый альдегид
ФГК – фосфоглицериновая кислота
ФЕП – фосфоенолпируват
Фн – неорганический фосфат

ФСА – фотосинтетический аппарат растения

ФСМУ – фотосинтетический метаболизма углерода

ЭТЦ – электронтранспортная цепь

ВВЕДЕНИЕ

В России с ее холодным климатом устойчивое получение урожая овощных культур возможно только с использованием закрытого грунта. Поэтому важное место в сельскохозяйственном производстве нашей страны занимает тепличное хозяйство. В связи с этим ведется постоянный поиск наиболее эффективных материалов для покрытия теплиц. В последние годы все больше используется для этой цели поликарбонат. Этот материал легкий, прочный и обладает более высокими свойствами, чем стекло.

В условиях закрытого грунта особое значение имеет спектральный состав света, так как покрытие теплицы по-разному влияет на прохождение света различных областей спектра [Тихомиров, 2000]. Последние научные разработки в этой области преследуют цель создать оптимальный микроклимат в теплице, повысить урожайность, и улучшить полезные свойства плодов.

Спектральный состав света является важным фактором в регуляции физиологических процессов растений. Еще К.А. Тимирязев доказал, что для фотосинтеза растениям необходимо достаточное количество солнечного света определенного – красного спектра. Красное излучение наиболее эффективно поглощается хлорофиллом-а и хлорофиллом-в зеленого листа, достигается ускорение фотосинтеза, соответствующее наращиванию зеленой массы растений и повышению урожая [Минич, 2005].

Российские научные сотрудники предприятия ООО «СафПласт» разработали специальные сотовые поликарбонаты марки Актуаль!Віо. На поверхность Актуаль!Віо нанесен необходимый УФ-защитный слой,

защищающий от разрушения, и Био-слой с особыми оптическими свойствами, который преобразует часть УФ-лучей в полезный для растений свет красного спектра [1]. Как уверяет производитель, Био-слой преобразует жесткое УФ-излучение в полезный для растений свет красного спектра, который ускоряет фотосинтез. Уникальные свойства Актуаль!Био подтверждены научными испытаниями в ТатНИИСХ Россельхозакадемии, где проводятся исследования по выращиванию различных культур в теплицах с покрытием Актуаль!Био.

Цель: выяснить особенности фотосинтеза и фотосинтетического метаболизма углерода (ФСМУ) у растений картофеля выращенных в условиях теплиц покрытых разными поликарбонатами.

Задачи: 1) определить различие в падающей световой радиации на растения при прохождении солнечного света через разные поликарбонаты.

2) измерить интенсивность ассимиляции $^{14}\text{CO}_2$ листьями растений картофеля выращенных в условиях теплиц покрытых разным типом поликарбоната (Актуаль и Актуаль!Био) по сравнению с открытым грунтом.

3) с помощью бумажной хроматографии и радиоавтографии проанализировать распределение ^{14}C среди ранних продуктов фотосинтеза и оценить у этих растений особенности направленности ФСМУ.

ВЫВОДЫ

1. У растений, выращенных в теплицах с покрытием из поликарбоната снижается фотосинтез и это коррелирует с величиной ФАР падающей на листья опытных растений. Дополнительное покрытие поликарбоната пленкой преобразующей ультрафиолет в красный свет увеличивает (по сравнению с обычным поликарбонатом) и величину падающей на растения ФАР и интенсивность фотосинтеза.

2. Вегетация растений картофеля в условиях теплицы покрытой поликарбонатом способствует снижению образования транспортных продуктов фотосинтеза и гликолата, при этом под поликарбонатом Актуаль!Віо(лето) этот процесс усиливается при одновременном более высоком поглощении $^{14}\text{CO}_2$.

3. Снижение (у опытных растений) образования продуктов метаболизма гликолата при одновременном многократном возрастании ^{14}C в глицерате свидетельствует о меньшем замыкании фотодыхательного (гликолатного) метаболизма углерода на цикл Кальвина.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) **Абдрахимов, Ф.А.** Динамика изменения ультраструктуры листовых пластинок льна-долгунца при торможении транспорта ассимилятов анионом нитрата [Текст] / Ф.А. Абдрахимов, С.Н. Баташева, Г.Г. Бакирова, В.И. Чиков // Цитология. – 2008. – Т.50. – № 8. – С.700–710.
- 2) **Алехина, Н.Д.** Физиология растений [Текст] / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленоко. – М.: Академия, 2005. – 640 с. – ISBN 5-7695-1669-0.
- 3) **Бровченко, М.И.** Некоторые доказательства расщепления сахарозы при ее перемещении из мезофилла в проводящие пучки листьев сахарной свеклы [Текст] / М.И. Бровченко // Физиология растений. – 1967. – Т.14. – № 3. – С.415–424.
- 4) **Бровченко, М.И.** Гидролиз сахарозы в свободном пространстве тканей листа и локализация инвертазы [Текст] / М.И. Бровченко // Физиология растений. – 1970. – Т.17. – С.31–39.
- 5) **Васильев, В.П.** Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа [Текст] / В.П. Васильев. – М.: Дрофа, 2004. – 383 с. – ISBN 5-7107-4726-2.
- 6) **Вознесенский, В.Л.** Методы исследования фотосинтеза и дыхания растений [Текст] / В.Л. Вознесенский, О.В. Заленский, О.А. Семихатова. – Л.: Наука, 1965. – 305 с. – ISBN 5-0744163-А.
- 7) **Воскресенская, Н.П.** Регуляторная роль синего света в фотосинтезе. Физиология фотосинтеза [Текст] / Н.П. Воскресенская, А.А. Ничипорович. – М.: Наука, 1982. – С.203–220.

8) **Гамалей, Ю.В.** Флоэма листа: развитие структуры и функций в связи с эволюцией цветковых растений [Текст] / Ю.В. Гамалей. – Л.: Наука, 1990. – 144 с. – ISBN отсутствует.

9) **Гамалей, Ю.В.** Динамика транспорта и запасаания углеводов в листьях растений с симпластной и апопластной загрузкой флоэмы в норме и при экспериментальных воздействиях [Текст] / Ю.В. Гамалей, М.В. Пахомова // Физиология растений. – 2000. – Т.47. – С.120–141.

10) **Головко, Т.К.** Изучение дыхания как фактора продуктивности растений (на примере клевера красного) [Текст] / Т.К. Головко, О.А. Семихатова // Физиология и биохимия культурных растений. – 1980. – Т.12. – № 1. – С.89–98.

11) **Зитте, П.** Ботаника [Текст] : [пер. с нем] / П. Зитте, Э.В. Вайлер, Й.В. Кадерайт, А. Брезински, К. Кернер. – М.: Академия, 2008. – 496 с. – Перевод изд: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen / P. Sitte, W. Elmar Weiler, W. Joachim Kadereit, A. Bresinsky, C. Korner. - Berlin : von Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2004. – ISBN 978-5-7695-2745-6.

12) **Карпушкин, Л.Т.** Определение влажности воздуха над испаряющей поверхностью мезофильных клеток листа и диффузионного сопротивления устьиц [Текст] / Л.Т. Карпушкин, М.А. Поляков // Методы исследования водообмена растений : учеб. пособ. для вузов / Н.А. Гусев, Г.И. Пахомова, Т.И. Николаева [и др.]; под ред. Н.А. Гусев, Г.И. Пахомова. – Изд. Казанского университета. – Казань.: Казан. гос. ун-т, 1982. – С.74–87.

13) **Кербер, М.Л.** Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология [Текст] / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с. – ISBN 978-5-93913-130-8.

14) **Курсанов, А.Л.** Транспорт ассимилятов в растении [Текст] / А.Л. Курсанов. – М.: Наука, 1976. – 646 с. – ISBN отсутствует.

15) **Курсанов, А.Л.** Физиология растений [Текст], [Рисунок] / А.Л. Курсанов. – М.: Наука, 1984. – 595 с. – ISBN отсутствует.

- 16) **Ленинджер, А** Биохимия [Текст] / А. Ленинджер. – М.: Мир, 1974. – 369 с. – ISBN отсутствует.
- 17) **Малиновский, И.В.** Физиология растений [Текст] / И.В. Малиновский. – Вл-к.: ДВГУ, 2004. – 106 с. – ISBN отсутствует.
- 18) **Медведев, С.С.** Физиология растений [Текст] / С.С. Медведев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 512 с. – ISBN 978-5-9775-0716-5.
- 19) **Мелешко, А.И.** Композитный мир [Текст] / А.И. Мелешко // Успехи в химии. – 2006. – № 3. – С.17–19.
- 20) **Минич, И.Б.** Влияние красного люминесцентного излучения на морфогенез и баланс эндогенных гормонов растений [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук / И.Б. Минич. – Томск, 2005. – 105 с.
- 21) **Михайлин, Ю.А.** Конструкционные полимерные композиционные материалы [Текст] / Ю.А. Михайлин // Научные основы и технологии.– 2010. – С.27–32.
- 22) **Мокроносов, А.Т.** Особенности фотосинтетической функции при частичной дефолиации растений [Текст] / А.Т. Мокроносов, Н.А. Иванова // Физиология растений. – 1971. – Т. 18. – № 4. – С.668-676.
- 23) **Мокроносов, А.Т.** Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма [Текст] / А.Т. Мокроносов // 42-е Тимирязевские чтения. – М.: Наука, 1983. – 63 с.
- 24) **Мокроносов, А.Т.** Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты [Текст] / А.Т. Мокроносов, В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалова. – М.: Академия, 2013. – 446 с. – ISBN: 5-7695-2757-9.
- 25) **Ничипорович, А.А.** Фотосинтез и теория получения высоких урожаев [Текст] / А.А. Ничипорович // 25-е Тимирязевские чтения. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 94 с.
- 26) **Ничипорович, А.А.** Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности [Текст] / А.А. Ничипорович // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – С.511–527.

27) **Ничипорович, А.А.** Физиология фотосинтеза и продуктивность растений [Текст] / А.А. Ничипорович // Сборник научных трудов ин-та физиологии растений им. К.А. Тимирязева. – М.: Наука, 1982. – С. 7–33.

28) **Оя, В.Н.** Двухканальная газометрическая аппаратура для исследования фотосинтеза листа в полевых условиях [Текст] / В.Н. Оя, Б.Х. Расулов // Физиология растений. – 1981. – Т.28, № 4. – С.887–895.

29) **Рахи, М.** Аппаратура для исследования компонентов водного потенциала листьев [Текст] / М. Рахи // Физиология растений. – 1973. – Т.20. – С.215-221.

30) **Ретивин, В.Г.** Модификация устойчивости фотосинтезирующих клеток к охлаждению и прогреву после раздражения корней раствором КСl [Текст] / В.Г. Ретивин, В.А. Опритов, С.А. Лобов, С.А. Тараканов, В.А. Худяков // Физиология растений. – 1999. –Т.46. – №5. – С.790-798.

31) **Тарчевский, И.А.** Фотосинтез и засуха [Текст] / И.А. Тарчевский. – К.: КГУ, 1964. – 198 с. – ISBN отсутствует.

32) **Тихомиров, А.А.** Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы [Текст] / А.А. Тихомиров, В.П. Шарупич, Г.М. Лисовский. – Новосибирск: Изд. Сиб. отд. РАН, 2000. – 213 с.

33) **Чиков, В.И.** Фотосинтез и транспорт ассимилятов [Текст] / В.И. Чиков. – М.: Наука, 1987. – 188 с.

34) **Чиков, В.И.** Изменение фотосинтетического метаболизма углерода во флаговом листе пшеницы при подкормке аммиачной и нитратной формой азота [Текст] / В.И. Чиков, Г.Г. Бакирова, Н.П. Иванова, Т.Н. Нестерова, С.Б. Чемикосова // Физиология и биохимия культ. растений.– 1996. – Т.30. – С.333-341.

35) **Чиков, В.И.** Об утилизации продуктов фотосинтеза разными органами растений яровой пшеницы [Текст] / В.И. Чиков, О.В. Зернова, Т.М. Конюхова // С-х. – 1998. – № 1. – С.67–74.

36) **Чиков, В.И.** Участие апопласта в регуляции транспорта ассимилятов, фотосинтеза и продуктивности растения [Текст] / В.И. Чиков, Г.Г. Бакирова // Физиология растений. – 2004. – Т.53. – С.466–478.

37) **Чиков, В.И.** Эволюция представлений о связи фотосинтеза с продуктивностью растений [Текст], [Рисунок] / В.И. Чиков // Физиология растений. – 2008. – Т.55. – С.140–154.

38) **Чиков, В.И.** Влияние введенного гена апопластной инвертазы на фотосинтез картофеля, выращенного при разной освещенности [Текст] / В.И. Чиков, Г.Г. Бакирова, С.Н. Баташева, Ф.Ф. Замалиева, Г.А. Саляхова, Г.Ф. Сафиуллина, М.С. Синькевич // Физиология растений. – 2011. – Т.58. – № 5. – С.737–742.

39) **Чиков, В.И.** Фотосинтез, транспорт ассимилятов и продуктивность у картофеля сорта Невский в зависимости от освещенности при выращивании [Текст] / В.И. Чиков, Г.А. Саляхова, Г.Ф. Сафиуллина, Ф.Ф. Замалева // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 1. – С.71–77.

40) **Чиков, В.И.** Фотосинтетический метаболизм углерода в листьях картофеля при изменении освещенности [Текст] / В.И. Чиков, А.Л. Михайлов, О.А. Тимофеева, Л.А. Хамидуллина // Физиология растений. – 2015. – Т.63. – № 1. – С.76–82.

41) **Ayre, B.G.** Membrane-transport systems for sucrose in relation to whole-plant carbon partitioning [Text] / B.G. Ayre // Molecular Plant. – 2011. – V. 4. – P. 377–394.

42) **Barratt, D.H.** Normal growth of Arabidopsis requires cytosolic invertase but not sucrose synthase [Text] / D.H. Barratt, P. Derbyshire, R. Feil, K. Findlay, J. Lunn, A.J. Maule, M. Pike, C. Simpson, A.M. Smith, N. Wellner // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2009. – V. 106. – P. 13124–13129.

43) **Basshem, J.A.** The path of carbon in photosynthesis [Text] / J.A. Basshem, M. Calvin // VII. Respiration and photosynthesis. – 1957. – V. 1. – № 1. – P. 63–68.

- 44) **Behnke, H.D.** Distribution and evolution of forms and types of sieve-element plastids in the dicotyledons [Text] / H.D. Behnke // *Aliso*. – 1991. – V. 13. – № 1. – P. 167–182.
- 45) **Bouche-Pillon, S.** Immunolocalization of the plasma membrane H⁺-ATPase in minor veins of *Vicia faba* in relation to phloem loading [Text] / S. Bouche-Pillon, J.L. Bonnemain, P. Fleurat-Lessard, J.C. Fromont, R. Serrano // *Plant Physiol.* – 1994. – V. 105. – P. 691–697.
- 46) **Canny, M.J.** Apoplastic water and solute movement: New rules for an old space [Text] / M.J. Canny // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* – 1995. – V. 46. – P. 215–236.
- 47) **Chikov, V.** Apoplastic transport of ¹⁴C-photosynthates measured under drought and nitrogen supply [Text] / V. Chikov, N. Avvakumova, G. Bakirova, L. Maklashova // *Biol. Plant.* 2001. – V. 44. – P. 517–521.
- 48) **Cockburn, W.** Photosynthetic induction phenomena in spinach chloroplasts in relation to the nature of the isolating medium [Text] / W. Cockburn, C.W. Baldry, D.A. Walker // *Biochim Acta.* – 1967. – V. 43. – P. 606–613.
- 49) **Coleman, H.D.** Sucrose synthase affects carbon partitioning to increase cellulose production and altered cell wall ultrastructure [Text] / H.D. Coleman, S.D. Mansfield, J. Yan // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2009. – V. 106. – P. 13118–13123.
- 50) **Davies, W.J.** Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil [Text] / W.J. Davies, J. Zhang // *Annual. Rev. Plant Physiology. Plant Mol. Biol.* – 1991. – V. 42. – P. 55–76.
- 51) **Dinant, S.** The phloem pathway: New issues and old debates [Text] / S. Dinant, R. Lemoine // *Compt Rendu Biologies.* – 2010. – V. 333. – P. 307–319.
- 52) **Felle, H.** A study of the current-voltage relationships of electrogenic active and passive membrane elements in *Riccia fluitans* [Text] / H. Felle // *Biochim. Biophys. Acta.* – 1981. – V. 646. – P. 151–160.

53) **Felle, H.** The apoplastic pH of the *Zea mays* root cortex as measured with pH-sensitive microelectrodes: aspects of regulation [Text] / H. Felle // J. Exp. Bot. – 1998. – V. 49. – P. 987–995.

54) **Felle, H.** Dynamics of ionic activities in the apoplast of the substomatal cavity of intact *Vicia faba* leaves during stomatal closure evoked by ABA and darkness [Text] / H.H. Felle, S. Hanstein, R. Steinmeyer, R. Hedrich // The Plant J. – 2000. – V. 24. – P. 297–304.

55) **Flugge, Ulf-Ingo.** Metabolite transporters in higher plastids [Text] / Ulf-Ingo Flugge // Curr. Opin. in Plant Biol. – 1998. – V. 1. – P. 201–206.

56) **Fox, T.C.** Molecular biology of cation transport in plants [Text] / T.C. Fox, M.L. Guerinot // Plant Mol. Biol. – 1998. – V. 49. – P. 669–696.

57) **Gollan, T.** Stomatal response to drying soil in relation to changes in the xylem sap composition of *Helianthus annuus*. I. The concentration of cations, anions, amino acids in, and pH of, the xylem sap [Text]. / T. Gollan, U. Schurr, E.D. Schulze // Plant Cell and Environ. – 1992. – V. 15. – P. 551–559.

58) **Guerin, M.R.** Measuring environmental emission bustion: sidestream cigarette smoke literature review [Text] / M.R. Guerin, C.E. Higgins, R.A. Jenkins // Atmos. Environ. – 1987. – V. 21. – P. 291–297.

59) **Hanstein, S.** The apoplastic pH of the substomatal cavity of *Vicia faba* leaves and its regulation responding to different stress factors [Text] / S. Hanstein, H. Hubert, H. Felle // Journal of Experimental Botany. – 2002. – V. 53. – № 366. – P. 73–82.

60) **Hartung, W.** Abscisic acid movement into the apoplastic solution of water stressed cotton leaves: role of apoplastic pH [Text] / W. Hartung, J.W. Radin, D.L. Hedrix // Plant Physiol. – 1988. – V. 86. – P. 908–913.

61) **Hartung, W.** Abscisic acid in the mesophyll apoplast and in the root xylem sap of water stressed plants. The significance of pH gradient [Text] / W. Hartung, J.W. Radin // Current Topics in Plant Biochem. and Physiol. – 1989. – V. 8. – P. 110–124.

- 62) **Hausler, R.E.** Control of photosynthesis in barley mutants with reduced activities of glutamine synthetase and glythamate synthase [Text] / R. E. Hausler et al. // *Planta*. – 1996. – V. 200. – P. 388–396.
- 63) **Heber, U.** Metabolite exchange between chloroplasts and cytoplasm [Text] / U. Heber // *Annu. Rev. Plant Physiol.* – 1974. – V. 25. – P. 395–421.
- 64) **Herold, A.** Regulation of photosynthesis by sink activity. The missing link [Text] / A. Herold // *New Phytol.* – 1980. – V. 86. – № 2. – P. 131–144.
- 65) **Hoffman, B.** FITC-dextran for measuring apoplast pH and apoplastic pH gradients between various cell types in sunflower leaves [Text] / B. Hoffman, H. Kosegarten // *Physiologia Plantarum*. – 1995. – V. 95. – P. 327–335.
- 66) **Husted, S.** Ammonia flux between *Brassica napus* plants and the atmosphere in response to changes in leaf temperature, light intensity and air humidity. Interactions with leaf conductance and apoplastic NH_4 and H^+ concentrations [Text] / S. Husted, J.K. Schjoerring // *Plant Physiol.* – 1996. – V. 112. – P. 793–802.
- 67) **Kosegarten, H.** Effect of various nitrogen forms on the pH in leaf apoplast and on iron chlorosis of *Glycine max* L [Text] / H. Kosegarten, G. Englisch // *Z. Pflanzener. Bod.* – 1994. – V. 157. – P. 401–405.
- 68) **Kronfuss, G.** Effects of ozone and mild drought stress on total and apoplastic guaiacol peroxidase and lipid peroxidation in current –year needles of young Norway spruce (*Picea abies* L., Karst) [Text] / G. Kronfuss, W.M. Havranek, A. Polle, G. Weiser // *Plant Physiol.* – 1996. – V. 148. – P. 203–206.
- 69) **Küch, C.** Update on sucrose transport in higher plants [Text] / C. Küch, L. Barker, L. Bürkle // *J. Exp. Bot.* – 1999. – V. 50. – P. 935–953.
- 70) **Labate, C.A.** Effects of temperature on the regulation of photosynthetic carbon assimilation in leaves of maize and barley [Text] / C.A. Labate, M.D. Adcock, R.C. Leegood // *Planta*. – 1990. – V. 181. – P. 547–554.
- 71) **Lalonde, S.** Phloem loading and unloading of sugars and amino acids [Text] / S. Lalonde, W.B. Frommer, J.W. Patrick, M. Tegeder, M. Throne-Holst // *Plant Cell Environ.* – 2003. – V. 26. – P. 37–56.

- 72) **Lohaus, G.** Further studies of the phloem loading process in leaves of barley and spinach. The comparison of metabolite concentrations in the apoplastic compartment with those in the cytosolic compartment and in the sieve tubes [Text] / G. Lohaus, H.W. Heldt, B. Riens, H. Winter // *Bot. Acta.* – 1995. – V. 108. – P. 270-275.
- 73) **Lu, P.** A new mechanism of the regulation of stomatal aperture size in intact leaves [Text] / P. Lu, G.A. Freed, W.H. Outlaw, B.G. Smith // *Plant Physiol.* – 1997. – V. 114. – P. 109–118.
- 74) **Lu, P.** Sucrose: a solute that accumulates in the guard-cell apoplast and guard-cell simplest of open stomata [Text] / P. Lu, W.H. Outlaw, K.A. Riddle, S.Q. Zhang // *FEBS Lett.* – 1995. – V. 362. – P. 180–181.
- 75) **Mimura, T.** Studies on the distribution, retranslocation and homeostasis of inorganic phosphate in barley leaves [Text] / T. Mimura, K. Sakano, T. Shimmen // *Plant Cell Environment.* – 1996. – V. 19. – P. 311–320.
- 76) **Muhling, K.H.** Apoplastic pH of intact leaves of *Vicia faba* as influenced by light [Text] / K.H. Muhling, C. Plieth, U.P. Hansen, B. Sattelmacher // *J. Exp. Bot.* – 1995. – V. 46. – P. 377–382.
- 77) **Neuhaus, G.** Calcium/calmodulin-dependent and independent phytochrome signal transduction pathways [Text] / G. Neuhaus, C. Bowler, R. Kern, N.-H. Chua II // *Cell.* – 1993. – V. 73. – P. 937–952.
- 78) **Ogawa, K.** Intra- and extra-cellular localization of "cytosolic" CuZn-superoxide dismutase in spinach leaf and hypocotyl [Text] / K. Ogawa, K. Asada, S. Kanematsu // *Plant Cell Physiol.* – 1996. – V. 37. – P. 790–799.
- 79) **Oparka, K.J.** Sieve elements and companion cells—traffic control centers of the phloem [Text] / K.J. Oparka, R. Turgeon // *The Plant Cell.* – 1999. – V. 11. – P. 739–750.
- 80) **Outlaw, W.H.** Transpiration rate. An important factor controlling the sucrose content of the guard cell apoplast of broad bean [Text] / W.H. Outlaw, Jr., X.D. Vlieghere-He // *Plant Physiol.* – 2001. – V. 126. – P. 1716–1724.

- 81) **Preiss, J.** Biochemistry, Molecular Biology and Regulation of Starch Synthesis [Text] / J. Preiss, M. Sivak // Genet. Eng. – 1998. – V. 20. – P. 177–223.
- 82) **Rennie, E.A.** A comprehensive picture of phloem loading strategies [Text] / E.A. Rennie, R. Turgeon // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2009. – V. 106. – P. 14162–14167.
- 83) **Ruan, Y.L.** The composition of apoplast fluid recovered from intact developing tomato fruit [Text] / Y.L. Ruan, C.J. Brady, J.W. Patrick // Aust. J. Plant Physiol. – 1996. – V. 23. – P. 9–13.
- 84) **Ruan, Y.L.** Capping invertase activity by its inhibitor: roles and implications in sugar signaling, carbon allocation, senescence and evolution [Text] / Y.-L. Ruan, Y. Jin, J. Huang // Plant Signal Behav. – 2009. – V. 4. – P. 983–985.
- 85) **Ruan, Y.L.** Sugar input, metabolism, and signaling mediated by invertase: roles in development, yield potential, and response to drought and heat [Text] / Y.-L. Ruan, J.S Boyer, Y. Lin, J. Li Y., J. Yang // Molecular Plant. – 2010. – V. 3. – P. 942–955.
- 86) **Savchenko, T.** Ecdysteroid agonist and antagonist activities in species of the Solanaceae [Text] / T. Savchenko, P. Whiting, A. Germade, L. Dinan // Biochemical Systematics and Ecology. – 2000. – V. 28. – P. 403–419.
- 87) **Sjölund, R.** The phloem sieve element: a river runs through it [Text] / R. Sjölund // Plant Cell. – 1997. – V. 9. – P. 1137–1146.
- 88) **Slewinski, T.L.** Current perspectives on the regulation of whole-plant carbohydrate partitioning [Text] / T.L. Slewinsky, D.M. Braun // Plant Science. – 2010. – V. 178. – P. 341-349.
- 89) **Sonnewald, U.** Transgenic tobacco plants expressing yeast derived invertase in either the cytosol, vacuole or apoplast: powerful tool for studying sucrose metabolism and sink/source interactions [Text] / U. Sonnewald, M. Brauer, A. von Schaewen, M. Stitt, L. Willmitzer // Plant J. – 1991. – V. 1. – P. 95–106.
- 90) **Stitt, M.** Stable Transformation of Plastids in Higher Plants [Text] / M. Stitt, Z. Svab, P. Hajdukiewich, P. Maliga // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 1990. – V. 87. – P. 8526–8530.

91) **Sturm, A.** Tissue-specific expression of two genes for sucrose synthase in carrot (*Daucus carota* L.) [Text] / A. Sturm, S. Lienhard, S. Schatt, M. Hardegger // Plant Mol Biol. – 1999. – V. 39. – P. 349–360.

92) **Van Bel, A.J.** The phloem, a miracle of ingenuity [Text] / A.J. van Bel // Plant, Cell Environ. – 2003. – V. 26. – P. 125–149.

93) **Vianello, A.** Generation of superoxide anion and hydrogen peroxide at the surface of plant cells [Text] / A. Vianello, F.J. Macri // J. Bioen. Biomemb. – 1991. – V. 23. – P. 409–423.

94) **Walker, A.** C Carbon translocation in the tomato: effects of fruit temperature on carbon metabolism and the rate of translocation [Text] / A. Walker, L. Ho // Ibid. – 1974. – P. 825–832.

95) **Wilkinson, S.** Xylem sap pH increase: a drought signal received at the apoplastic face of the guard cell which involves the suppression of saturable ABA uptake by the epidermal symplast [Text] / S. Wilkinson, W.J. Davies // Plant Physiol. – 1997. – V. 13. – P. 559–573.

96) **Wilkinson, S.** ABA-based chemical signaling: the coordination of responses to stress in plants [Text] / S. Wilkinson, W.J. Davies // Plant Cell and Environ. – 2002. – V. 25. – P. 195–210.

97) **Young, S.A.** Rice cationic peroxidase accumulates in xylem vessels during incompatible interactions with *Xanthomonas oryzae* [Text] / S.A. Young, A. Guo, J.A. Guikema, J.E. Leach, F.F. White // Plant Physiol. – 1995. – V. 107. – P. 1333–1341.

98) **Zhang, S.Q.** Sucrose: a solute that accumulates in the guard-cell apoplast and guard-cell symplast of open stomata [Text] / S.Q. Zhang, W.H. Outlaw, P. Lu, K.A. Riddle // FEBS Lett. – 2001. – V. 362. – P. 180–184.

1 <http://actual.safplast.ru/actual-about/stati/kak%20poluchit%20maksimum%20polzy%20ot%20teplivy/>