

**Симпозиум 8**

**ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС**

**АКТИВНОСТЬ ГЛИКОЛАТ ОКСИДАЗЫ  
СОРТОВ СОИ, ГОРОХА И САХАРНОЙ СВЕКЛЫ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ПРОДУКТИВНОСТИ**

**Glycolate oxidase activity in *Glycine max* L., *Pisum sativum* L.  
and *Betta vulgaris* L. cultivars in relation to plant productivity level**

**M. Caus, N. Balaur**

Institute of Genetics and Plant Physiology  
of Moldovan Academy of Sciences, Chisinau  
E-mail: [mcausmcv@yahoo.com](mailto:mcausmcv@yahoo.com)

Glycolate oxidase (GO; EC 1.1.3.1) represents a widely spread enzyme in green plant species, involved in the process of photorespiration. The glycolate formed in chloroplasts during photorespiration is subsequently translocated to cell peroxisomes, where it is oxidized to glyoxilate by GO.

The process of photorespiration is known to diminish the efficiency of CO<sub>2</sub> assimilation and yield of C<sub>3</sub>-plants. The influence of various endo- and exogenous factors on photorespiration components, including GO activity was early elucidated.

The present work is aimed to find out whether GO activity in C<sub>3</sub>-plant species is influenced by the level of crop productivity.

An experiment was performed in greenhouse-controlled conditions with *Glycine max* L. cv. Timpurie, Belischaia, Bucuria, Aura; *Pisum sativum* L. cv. Moldavschii usatii, Renata, Vomo, Gloria and *Betta vulgaris* L. cv. Vilia and Victoria. All the cultivars of the crop species under study differ in the level of productivity.

It has been shown that the GO activity in the leaves of the *Betta vulgaris* L. cultivars is higher than that in the *Glycine max* L. and *Pisum sativum* L. cultivars.

The studies on GO activity in the cultivars of the above crop species with different levels of productivity have permitted us to reveal a tendency of GO activity decrease with increasing the productivity level of crop species.

Only one isoform of GO has been observed by PAAG electrophoresis in soybean, pea and sugar beet.

---

**STUDY OF PROTEIN CONTENT AND ANTIOXIDANT ENZYMES ACTIVITY IN SEEDS OF DIFFERENT WHEAT (*TRITICUM*, SPP) CULTIVARS****V. Niknam, H. Ebrahimzadeh, T. Atashin**School of Biology, University College of Science, University of Tehran,  
Tehran

Wheat has always been of interest to investigators because it is one of the most important staple of the daily diet of many millions more. In this research total sugars, soluble sugars, reducing sugars, oligosaccharides, polysaccharides, soluble proteins content and some antioxidant enzymes activity (superoxide dismutase, catalase, peroxidase, polyphenol oxidase), in seeds of *Triticum aestivum* L. cvs Chamran, Darab-2, Falat, Shiraz, Star and *Triticum turgidum* cv Durum were studied. Spectrophotometric method was used for all quantitative assays. SDS-PAGE and PAGE, respectively were used for qualitative assay of protein and enzymes. At the end of experiments, according to obtained results, cultivars compared with each other. The aim of present work was to find how much the different wheat cultivars are differ from each other.

**ECO-ADAPTIBILITY OF BIOMASS PRODUCTION AFFECTS THE PRODUCTIVITY OF ESSENTIAL OIL IN CARAWAY****S. Popovic<sup>1</sup>, Z. Popovic<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Environmental Protection Agency, Ministry of Science  
and Environmental Protection of the Republic of Serbia, Belgrade<sup>2</sup> Department of Ecology, Institute for Biological Research «Sinisa Stankovic»,  
Belgrade

E-mail: zoricaj@ibiss.bg.ac.yu

Cultivation of *Carum carvi* L. (Apiaceae) at different latitudes (280 m a.s.l and 1218 m a.s.l.) was studied with the aim to identify which morphological traits were associated with the productivity of essential oil. Such studies on plant productivity of the same plant genotype in different environments can give data about the yield raise of species, as well as about improvements of content and composition of bioactive substances with practical applications.

It was found that tested latitudes had substantial influence on biomass productivity and re-distribution of assimilates of studied medicinal plant.

Dry matter (DM) produced by different organs, assimilates partitioning, and leaf area per plant were measured on three dates at both latitudes during a growth cycle. Significant differences between the two cultures were found for DM production of lower leaves,

inflorescences, and shoot/root ratio.

Low-land cultures produced more total plant biomass and this was associated with higher dry matter accumulation in above-ground organs, larger leaf area and DM of ripen fruits. Dry mass partitioning to belowground organs (considered as the percentage of total DM) was higher in high-land cultures, whereas the content of essential oil in dried fruits of these was 16.9 % higher than in low-land plants. Differences in biomass productivity seem to be directly associated with the local environmental conditions, i.e. growth characteristics of both cultures reflected different adaptations in biomass production and re-distribution. However, the production of essential oil was higher in the environment which was more restrictive for total biomass production. This corresponds with statement that the production of biologically active compounds is favored in somewhat stressful conditions.

#### **ФОТОСИНТЕЗ И ДЫХАНИЕ ПЛОДОВЫХ ОРГАНОВ У ХЛОПЧАТНИКА В СВЯЗИ С ПРОДУКЦИОННЫМ ПРОЦЕССОМ**

##### **Photosynthesis and respiration of cotton bolls in connection with plant productivity**

**Х.А. Абдуллаев, И.С. Каспарова, Х.Х. Каримов, М.Д. Бободжанова,  
Б.Б. Гиясидинов**

Институт физиологии растений и генетики  
Академии наук Республики Таджикистан, г. Душанбе  
Худжандский государственный университет им. Б.Г. Гафурова, г. Худжанд  
E-mail: [asrtkarimov@mail.ru](mailto:asrtkarimov@mail.ru)

У хлопчатника, как и у многих других культур, афильные хлорофиллсодержащие органы могут выполнять определенную часть фотосинтетических функций.

Вопрос о вкладе фотосинтеза афильных органов – зеленых коробочек и прицветников – в общую продуктивность хлопчатника до сих пор остается малоизученным.

В связи с этим нами впервые с использованием специально разработанной в Институте физиологии растений и генетики Академии наук Республики Таджикистан ассимиляционной камеры были изучены динамика видимого фотосинтеза и интенсивность дыхания целостных развивающихся коробочек (без прицветников) у средневолокнистого хлопчатника *Gossypium hirsutum* L.

Объектами исследования служили мутант Дуплекс и линия

Л-501, контрастные по морфобиологическим, фотосинтетическим и хозяйственно-ценным признакам.

Изучение  $\text{CO}_2$ -газообмена коробочек хлопчатника проводили в полевых условиях с использованием переносной газометрической установки с включенной в систему специальной ассимиляционной камерой, изготовленной из светопрозрачного оргстекла. Для измерения интенсивности фотосинтеза и дыхания применяли две камеры, в зависимости от величины коробочки. Размеры ассимиляционных камер:  $3.5 \times 4.5$  и  $4.5 \times 6.0$  см.

Показано, что у инбредной линии Л-501 и мутанта Дуплекс интенсивность фотосинтеза в расчете на орган на начальных этапах развития коробочек (10-дневные коробочки) была одинаковой (0.47 и 0.48 мг  $\text{CO}_2$ /орган·ч соответственно). По мере увеличения возраста коробочек наблюдали увеличение интенсивности фотосинтеза, которая достигла максимума у коробочек 20-дневного возраста (0.78 и 2.36 мг  $\text{CO}_2$ /орган·ч соответственно). У коробочек линии Л-501 интенсивность фотосинтеза в расчете на орган в этот период возросла в 1.5 раза, тогда как у коробочек линии Дуплекс она повысилась в 4.5 раза и почти в три раза превысила величину интенсивности фотосинтеза у линии Л-501. У 30-дневных коробочек наблюдали уменьшение интенсивности фотосинтеза, причем у мутанта Дуплекс оно проявилось более резко, чем у линии Л-501. У 30-дневных коробочек линии Дуплекс интенсивность фотосинтеза была в два раза выше, чем у линии Л-501.

Возникает вопрос: каково соотношение между фотосинтезом листьев и коробочек в расчете на целое растение?

Так, если учесть, что фотосинтез всех листьев куста хлопчатника у линии Л-501 составлял, по нашим данным, 325 мг  $\text{CO}_2$ /растение·ч, а зеленых коробочек одного растения – 24 мг  $\text{CO}_2$ /растение·ч, то фотосинтез коробочек будет равен 7.6 % от брутто-фотосинтеза всех листьев.

Анализ изменения интенсивности дыхания разных по возрасту коробочек показал, что у 10-дневных коробочек интенсивность дыхания в расчете на орган у мутанта Дуплекс была в два раза, а у 20-дневных коробочек – почти в три раза выше, чем у линии Л-501.

При пересчете на сухую массу характер изменения интенсивности фотосинтеза и дыхания в общем таков же, как и при расчете на одну целостную коробочку, однако различия между двумя генотипами хлопчатника выражены не столь резко. Кроме того, интенсивность дыхания у очень молодых плодовых органов при расчете на массу выше, чем у более взрослых, формирующихся коробочек.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том,

что растущие зеленые коробочки являются не только акцепторами продуктов фотосинтеза, но и донорами фотоассимилятов, они вносят определенный вклад в хозяйственно-ценную часть урожая. Доля их участия в общем фотосинтезе растения варьирует в зависимости от генотипа и возраста коробочек. Наибольшая фотосинтетическая активность и интенсивность дыхания проявляются у молодых формирующихся плодовых органов в возрасте от 5 до 20 дней. Фотосинтез коробочек составляет, по нашим расчетам, не более 10 % от фотосинтеза всех листьев.

**ОСОБЕННОСТИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА  
И ПРОДУКТИВНОСТЬ КИТАЙСКОЙ КАПУСТЫ (*BRASSICA CHINENSIS* L.)  
ПРИ ВАРЬИРОВАНИИ УРОВНЯ ОСВЕЩЕННОСТИ В СВЕТОКУЛЬТУРЕ**

**Photosynthetic apparatus distinctive features and productivity  
in *Brassica chinensis* L. under different levels of lighting  
in an artificial lighting system**

**О.В. Аверчева<sup>1</sup>, Ю.А. Беркович<sup>2</sup>, А.Н. Ерохин<sup>2</sup>, Т.В. Жигалова<sup>1</sup>,  
С.О. Смолянина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва  
E-mail: [venik@lighters.ru](mailto:venik@lighters.ru)

<sup>2</sup> Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва

Моделирование и прогнозирование продуктивности растений в посевах на основе анализа организации и функционирования фотосинтетического аппарата (ФСА) растения – актуальная задача физиологов растений и селекционеров. Поиск зависимостей между активностью разных стадий фотосинтеза, накоплением биомассы и продуктивностью растений на ранних этапах его развития с целью оценки потенциальной продуктивности растений имеет особое значение при разработке моделей роста и продуктивности растений для оптимизации условий их выращивания в светокультуре.

В работе изучали некоторые показатели состояния ФСА (пигментный состав, параметры кривой индукции флуоресценции хлорофилла) молодых растений в связи с показателями роста (сухой и сырой массой побегов и корней, площадью листовой поверхности, доли съедобной массы в общей массе растения) молодых и взрослых растений китайской капусты (*Brassica chinensis* L.) сорта Веснянка. Растения выращивали под натриевой лампой высокого давления при двух уровнях плотности потока фотосинтетически ак-

тивных фотонов:  $107 \pm 9$  мкмоль·м<sup>-2</sup>·сек<sup>-1</sup> (низкая освещенность) и  $391 \pm 24$  мкмоль·м<sup>-2</sup>·сек<sup>-1</sup> (нормальная освещенность) при 24-часовом фотопериоде. В качестве питательного раствора использовали среду Чеснокова в дозе 0.5 нормы с добавлением микроэлементов по Хоглэнду. Анализ показателей состояния организации и функционирования ФСА проводили на втором листе 15-дневных растений. Ростовые показатели определяли у растений в возрасте 15 и 27 суток.

Анализ пигментного состава второго листа 15-дневных растений не выявил существенных различий между вариантами по содержанию хлорофиллов *a* и *b* и их соотношению. Вместе с тем у растений, выращенных при нормальной освещенности, содержание каротиноидов достоверно выше, чем у растений, выращенных при низкой освещенности ( $0.86 \pm 0.16$  мкг/см<sup>2</sup> против  $0.63 \pm 0.13$  мкг/см<sup>2</sup>), что может быть связано с их фотозащитной ролью. Оценку функционального состояния фотосинтетического аппарата проводили по параметрам кривой индукции флуоресценции:  $F_v/F_m$  и  $F_0/F_m$ . Параметр  $F_v/F_m$  был больше у растений, выращенных при нормальной освещенности ( $0.57 \pm 0.02$ ), чем у растений, выращенных при низкой освещенности ( $0.52 \pm 0.02$ ), что свидетельствует о более высоком квантовом выходе работы ФСII у нормально освещенных растений. Параметр  $F_0/F_m$  выше у слабо освещенных растений ( $0.48 \pm 0.02$ ), чем у нормально освещенных ( $0.43 \pm 0.02$ ), что указывает на большую долю в их ФСА хлорофилла, не участвующего в фотохимических реакциях. При этом сырая масса целого растения в 15-дневном возрасте у нормально освещенных растений оказалась в два раза выше, чем у слабо освещенных растений ( $4.28 \pm 0.6$  г и  $2.1 \pm 0.26$  г соответственно). Содержание сухих веществ в побеге, корне и во втором листе, площадь второго листа также больше у нормально освещенных растений. Вместе с тем отношение масс побег/корень для слабо освещенных растений было в 1.5 раза выше, чем для нормально освещенных растений. КПД фотосинтеза, рассчитанный как отношение сырой массы растения к количеству поглощенных квантов, на этом этапе развития у слабо освещенных растений был в два раза больше, чем у нормально освещенных растений. Это указывает на активацию у слабо освещенных растений механизмов адаптации к низкой освещенности. Об этом же говорит и соотношение побег/корень: у слабо освещенных растений основная масса накопленных метаболитов шла на формирование фотосинтезирующей поверхности.

В 27-дневном возрасте у растений, выросших при нормальной освещенности, сырая биомасса побегов была в 1.5 раза выше, чем у растений, выросших при низкой освещенности ( $27.55 \pm 9.16$  г и  $17.29 \pm 4.95$  г). Съедобная масса, площадь листовой поверхности и

сырая масса корней также были больше у нормально освещенных растений. Соотношение масс побег/корень для нормально освещенных растений было в три раза ниже, чем для слабо освещенных растений. В этом возрасте КПД фотосинтеза был выше уже у нормально освещенных (в 2.3 раза). По-видимому, ФСА с большей потенциальной активностью, сформировавшийся на ранних этапах развития, обеспечил повышение КПД фотосинтеза по мере роста растений.

Таким образом, при использованных уровнях облученности различия в продуктивности данного вида растений были выявлены уже на ранних этапах развития. Состояние ФСА молодых растений в значительной мере определило их продуктивность в более зрелом возрасте.

**ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ  
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОСИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ  
*PISUM SATIVUM* L. И *VICIA FABA* L.  
В ПРОЦЕССЕ СЕЛЕКЦИИ**

**Genotypic variations of structure-functional parameters  
of *Pisum sativum* L. and *Vicia faba* L. plant photosystem  
in selection process**

А.В. Амелин, Е.Н. Стебакова, Е.И. Чекалин, В.И. Толубеева, Ю.В. Клевцова  
Орловский государственный аграрный университет, г. Орел  
E-mail: [presearchdep@rambler.ru](mailto:presearchdep@rambler.ru), [presearchdep@orel.ru](mailto:presearchdep@orel.ru)

Лабораторно-полевыми исследованиями подтверждено, что изменения структурно-функциональных параметров фотосистемы растений в результате искусственного отбора могут иметь разную направленность. К примеру, у гороха при создании высокоурожайных сортов отмечается резкое сокращение ассимиляционной поверхности растений при одновременной ксероморфизации и интенсификации фотосинтетических процессов листьев. За период селекции от дикорастущих форм до современных сортов их площадь сократилась почти вдвое и составляет в настоящее время 350-450 см<sup>2</sup>. Потеря определенной части ассимиляционной поверхности компенсируется при формировании урожая семян посредством уплотнения и утолщения листовых пластинок и прилистников (в среднем на 40 %) за счет разрастания клеток губчатой паренхимы, которые стали крупнее (в среднем на 58 %) и больше содержат хлоропластов (в среднем на 43 %) и запасных веществ в виде крахмала. При этом фотовосстановительная активность хло-



ропластов увеличилась в среднем на 37 %, а в отдельных случаях отмечается усиление фотосинтетической функции и у не специализированных органов растений. На большом многообразии генотипов культуры показано, что при снижении их листовой поверхности до 250-350 см<sup>2</sup>, вследствие интродукции рецессивных генов *af* и *st*, у растений в фазе образования бобов наблюдается повышение фотовосстановительной активности хлоропластов: в стеблях – на 38 %, черешках листьев – на 58, створках бобов – на 42, а в усиках – в 1.4 раза по сравнению с листочками и прилистниками. Благодаря такой развитой системе компенсаторных механизмов в настоящее время стало возможным создание у культуры высокоурожайных и конкурентоспособных сортов усатого типа, не имеющих листочков (генотип *af af St St*) и даже прилистников (генотип *af af st st*). В отличие от обычных листочковых генотипов (*AfAfStSt*) для них характерна, прежде всего, высокая устойчивость к полеганию и роль текущего фотосинтеза в продукционном процессе растений вследствие образования усиков.

В селекции же кормовых бобов наблюдаются обратные тенденции. Экспериментальными исследованиями установлено, что растения высокоурожайных сортов данной культуры, по сравнению с горохом, формируют в два-три раза более мощную листовую поверхность (свыше 1300 см<sup>2</sup>), которая начинает интенсивно нарастать уже с фазы шести-семи настоящих листьев, достигая максимальных размеров к образованию плоских бобов. Такой большой она сохраняется фактически на протяжении всего последующего периода налива семян (плоский боб – зеленая спелость бобов), а затем быстро сокращается в результате физиологического старения и ко времени созревания нижних бобов составляет всего седьмую часть от максимальной величины.

Между размером листовой поверхности растений и их семенной продуктивностью установлена высокая положительная генотипическая связь. В погодных условиях 2003 г. коэффициент корреляции между данными показателями у сортообразцов составлял +0.92, а с зеленой массой он был равен +0.69, что достоверно при уровне 0.1 и 0.5 соответственно.

Формирование мощной листовой поверхности у высокоурожайных сортов обеспечивалось в основном за счет большей мелколисточковости растений. По числу листьев и листовых пластинок они превосходили низкоурожайные сорта на 30-35 %, а по размеру их ассимиляционной поверхности, наоборот, почти настолько же им уступали – в среднем на 40 %. В силу этого освещенность листьев в нижних ярусах растений у высокоурожайных сортообразцов культуры не хуже, чем у менее облиственных и низкопродуктивных.

По показателям фотосинтетической активности листьев высокоурожайные сортообразцы кормовых бобов выделялись в меньшей степени, чем по биометрическим параметрам. Отмечается лишь определенная тенденция увеличения чистой продуктивности фотосинтеза с ростом продуктивности сорта. Коэффициент корреляции между этими показателями в годы исследований был незначительным ( $r = 0.135$ ). Более того, у самого низкоурожайного образца Белоцветковая форма ВНИИ ЗБК установлена наиболее высокая ЧПФ листьев.

Из вышесказанного установлено, что кормовые бобы относятся к тем сельскохозяйственным культурам, у которых рост урожайности семян в результате селекции пока не связан с активацией фотосинтетической функции растений, а обусловлен увеличением размера листовой поверхности за счет формирования большого количества мелких листьев. Последний признак может служить эффективным критерием при отборе перспективных форм и создании новых сортов.

#### **ФОТОСТИМУЛЯЦИЯ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА**

##### **The photostimulation of the plant productional process in the conditions of the protected ground**

Т.П. Астафурова, И.А. Викторова, Г.С. Верхотурова, Т.А. Зайцева,  
Г.В. Боровикова, Р.И. Аминов  
Томский государственный университет, г. Томск  
E-mail: [scisec@info.tsu.ru](mailto:scisec@info.tsu.ru)  
ЗАО «Томь», Томский район, пос. Черная речка

Исследованиями, проведенными ранее в условиях защищенного грунта, было выявлено благоприятное действие света, когда в смешанном светопотоке соотношение спектральных участков синего : зеленого : красного составляет соответственно 0.4 : 1.0 : 0.5 по сравнению с контрольными 0.39 : 1.0 : 33. Положительный эффект такого соотношения спектральных участков видимого света проявлялся не только на росте и развитии растений огурца, томата, перца в рассадный период, но и на увеличении содержания зеленых пигментов, фотохимической активности хлоропластов, скорости нециклического фотофосфорилирования и чистой продуктивности фотосинтеза. Об усиленной напряженности фотохимических процессов свидетельствует и увеличение активности глицеральдегидфосфатдегидрогеназы НАДФН-зависимой и малатдегидрогеназы-НАДФН. При этом возрастает активность раз-

личных дыхательных дегидрогеназ, что указывает на биосинтетическую направленность метаболизма.

Интересным оказалось то, что в условиях закрытого грунта, особенно в осенний период, досветка растений красным светом диодов с длиной волны  $660 \pm 15$  нм также вызывает ускорение роста и развития растений огурца, капусты и разных сортов салата. У опытных растений увеличиваются высота, количество листьев и площадь ассимилирующей поверхности, а также содержание хлорофилла «а».

Создание теплиц с продленным сроком хозяйственного использования поставило задачу создания новых укрывных материалов. В Томском университете были разработаны полимерные фотокорректирующие пленки, которые способны эффективно поглощать ультрафиолетовую составляющую солнечного излучения и преобразовывать ее в длинноволновый свет. Поглощенный пленками ультрафиолет с длиной волны 250-350 нм высвечивается в красной области 613-619 нм (далее красный узкополосный). Кроме того, созданы пленки, в которых люминесценция осуществляется в двух диапазонах длин волн: 613-626 и 410-460 нм (далее красный+синий узкополосный) или 600-680 и 400-500 нм (далее красный+синий широкополосный).

Производственные испытания действия света, получаемого с применением таких фотокорректирующих пленок, показали интересные положительные результаты. Растения под красными и красный+синий узкополосными пленками при сравнении не обнаруживают существенных различий в морфометрических показателях и содержании зеленых и желтых пигментов. Вместе с тем формирование светособирающего комплекса, участвующего в сборе световой энергии для первичных реакций фотосинтеза, значительно лучше происходит под красными узкополосными пленками, и с возрастом растений этот показатель увеличивается.

Экспериментальные покрытия, имеющие широкополосное пропускание, вызывают положительный эффект по морфометрическим показателям роста и развития растений огурца и томата. Измеренный урожай растений огурца в теплицах под широкополосной светокорректирующей пленкой значительно выше по сравнению с обычной полиэтиленовой пленкой высокого давления (ПЭВД).

Таким образом, делается вывод о том, что в условиях защищенного грунта дополнительное введение области спектра красного света, получаемого любым из известных способов, усиливает рост, развитие растений и сказывается на их урожайности. На основе полученных результатов был разработан и внедрен способ регуляции производственного процесса овощных культур светом длинноволновой радиации.

**УРОВЕНЬ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ РЕПРОДУКЦИИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ  
ФОРМИРУЕТ ИХ УРОЖАЙНЫЕ КАЧЕСТВА****The mode of soil humidity during a reproduction  
of wheat seeds forms their yielding capacity****А.Ф. Бабицкий, А.А. Брединский<sup>1</sup>**

Институт физиологии растений АН Республики Молдова, г. Кишинев

<sup>1</sup> Селекционно-генетический институт УААН, г. ОдессаE-mail: *babandre@mail.ru*

Ученым, экспериментально изучающим продуктивность возделываемых растений (ВР), давно известен факт существования одного из видов гетерозиса, иногда именуемого как географический гетерозис, экология семян, урожайные качества семян или урожайные свойства семян. С этим явлением постоянно имеют дело семеноводы, ежегодно после каждой репродукции семян (ВР), регистрируя изменение их урожайных качеств (УК) в зависимости от экологических условий роста и развития материнских растений, на которых эти семена репродуцируются. Это измененное состояние УК семян по своему проявлению аналогично эффекту гетерозиса. Оно реализуется в первом поколении по повышенной продуктивности выращенных из них растений и в последующем поколении исчезает.

Об этом явлении также был осведомлен и Н.И. Вавилов. По его инициативе в 1923 г. были начаты такие исследования, которыми в 1934 г. была придана государственная значимость и которыми руководил академик П.С. Константинов. Результаты более чем 70-летних исследований в этом направлении представляют громадный фактический материал и носят не воспроизводимый и весьма противоречивый характер, обзор которого дан в некоторых монографиях. До сих пор, как и для гетерозиса вообще, не ясен механизм этого явления.

Мы провели экспериментальное исследование этого явления в полевых опытах на яровой твердой пшенице Харьковская 46 в экологических условиях дефицита влаги в степной зоне возделывания. Изучалось влияние условий минерального питания и уровня влажности почвы при выращивании материнских растений на УК семян, репродуцируемых на них. Использовали 13 вариантов сочетаний минерального питания при трех режимах влажности: естественное увлажнение; оптимальная влажность 80 % от полной влагоемкости (ПВ) и избыток влаги при 90 % ПВ. В следующем поколении эти семена были испытаны на их УК в естественных условиях и без внесения минеральных удобрений. Наивыс-

шими по УК семена были репродуцированы на растениях, выращиваемых при 80 % ПВ. В результате нами четко и воспроизводимо доказано, что агроэкологические условия возделывания вызывают групповую изменчивость, которая запоминается в семенах в виде репродуктивной памяти, передаваемой следующему поколению в виде групповой направленной изменчивости продуктивности возделываемых растений.

Главным модификатором УК семян при их репродукции является уровень влажности почвы. Реализация повышенной продуктивности растений пшеницы, выращенных из семян с высокими УК, осуществляется за счет повышенной озерненности их колосьев. Ни условия минерального питания, ни дозы внесенных удобрений, ни их сочетания не являются существенным фактором в этом процессе. Таким образом, нами общая генетическая наследственность растений пшеницы, переносимая семенами разделена на две составляющие: онтогенетическую наследственность, изменяющуюся при каждом цикле репродукции семян и филогенетическую наследственность, сформированную в процессе длительной эволюции и неизменную при репродукции семян. Исходя из того, что основным органом растения, реагирующим на почвенную влагу, является корневая система, необходимо признать существование некоего носителя информации о водном режиме растения, формируемого в корневой системе и передаваемого через стебель к меристематической ткани, которая дает начало возникновению материнских клеток, в которых происходит процесс мейоза и закладка семян.

Важность непрерывности связи между корневой системой и репродуктивными органами растений сформулирована в одном из законов И.В. Мичурина об акклиматизации растений. Он гласит, что только корнесобственные растения способны передать свойство адаптируемости к формирующимся семенам, а привитые растения к этому не способны. Это позволяет предполагать, что сигнал от корневой системы идет из подвоя в привой в виде регуляторного белка или нуклеопротеидной частицы и не пропускаемой, как и любой белок, иммунной системой привоя. Наличие репродуктивной памяти и онтогенетической наследственности, тесно связанной с водным режимом возделывания, открывает новые перспективы и подходы в изучении гетерозиса и продуктивности растений. Безуспешные попытки разгадать генетическую природу явления гетерозиса, по нашему мнению, вызваны не принятием во внимание онтогенетической наследственности, законы которой детально изложил И.В. Мичурин. Эффект гетерозиса разыгрывается на уровне онтогенетической наследственности и механизм его возникновения и проявления следует искать в процессах наследования и физиолого-биохимического контроля водного режима.

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
СИМБИОЗА БОБОВЫХ С РИЗОБИЯМИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА**

**Physiological and biochemical characteristics of the legumes  
and rhizobia symbiosis in the North**

**Е.Н. Баймиев**

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар  
E-mail: [baimiev@ib.komisc.ru](mailto:baimiev@ib.komisc.ru)

Биологическое восстановление азота атмосферы способны осуществлять только прокариотные микроорганизмы. Наиболее эффективно этот процесс происходит в симбиозе с высшими растениями и, в частности, с бобовыми. Симбиотическая азотфиксация имеет важное агрономическое значение, так как позволяет уменьшить применение дорогостоящих удобрений. Для этого на практике применяют нитрогенизацию бобовых. Но использование препаратов с активными по азотфиксации штаммами ризобий не всегда гарантирует получение высокого хозяйственного эффекта, так как продуктивность бобовых при инокуляции ризобиями зависит от конкретных почвенно-климатических условий. Это особенно значимо в условиях Севера, что обусловлено коротким вегетационным периодом, низкими температурами, бедными почвами, насыщенными оксидами алюминия.

Цель работы – изучение физиолого-биохимических закономерностей симбиоза бобовых с ризобиями и ассоциативными микроорганизмами в условиях Севера.

Объектами исследования служили лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) сорта «Солнышко», козлятник восточный (*Galega orientalis*) сорта «Гале», а также производственные штаммы ризобияльных микроорганизмов – *Bradyrhizobium* sp. 363а, *Rhizobium galegae* 913 и 916 и штаммы ассоциативных микроорганизмов – *Athrobacter mysorens* 7, *Flavobacterium* sp. П 30.

Показано существенное увеличение сухой массы и числа клубеньков у инокулированных растений лядвенца на третьем и четвертом году жизни. Клубеньки инокулированных растений были более крупными, чем клубеньки контрольных растений. Увеличение их количества, сухой массы и размеров у инокулированных растений связано с высокой конкурентоспособностью производственных штаммов ризобий штамма и наличием большей массы бактериальной ткани по сравнению с дикими штаммами. К третьему году жизни инокулированные растения лядвенца на 38 % превышали контрольные растения по высоте надземной части, а к четвертому – на 20.

В опытах с инокулированными растениями козлятника выявили, что эффективнее был штамм 913, чем 916. Это выразилось в увеличении количества (на 40 %) и сухой массы (на 40-60 %) клубеньков, высоты растений (на 20-40 %) и сухой массы надземной части (на 30-100 %) по сравнению с контролем. Влияние штамма 916 на рост и продуктивность растения козлятника было существенно слабее.

Сравнение двух штаммов показывает, что 913 более конкурентоспособен, образует эффективный симбиоз с козлятником в условиях подзоны средней тайги Европейского Северо-Востока. Растения козлятника проявляют большую штаммоспецифичность к штамму 913. Предпосевная инокуляция семян козлятника этими штаммами способствовала увеличению накопления сухого вещества, усилению нитрогеназой активности, дыхания, тепловыделения и повышению содержания азота в биомассе растений. Так, дыхание листьев растений инокулированных штаммом 913 на 40 % превышало дыхание листьев контрольных растений и клубеньков – на 63 %, тепловыделение клубеньков растений инокулированных штаммом 913 было на 40 % больше, чем у клубеньков контрольных растений.

Таким образом, установлено, что у инокулированных ризобиями растений бобовых увеличивались рост и накопление биомассы, усиливались процессы метаболизма, о чем свидетельствуют данные по содержанию азота, дыханию и тепловыделению. Штамм 913 был эффективнее штамма 916, что свидетельствует о более высокой конкурентоспособности и сортоспецифичности штамма 913. Имеющиеся в литературе данные и полученными нами результаты свидетельствуют о целесообразности использования штамма *Rhizobium galegae* 913 при возделывании козлятника восточного сорта «Гале» в условиях северных широт.

#### МЕТАБОЛИЗАЦИЯ МЕЧЕНОЙ ГЛЮКОЗЫ В ТКАНЯХ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

##### Metabolism of <sup>14</sup>C-glucose in flax tissues

Г.Г. Бакирова, С.Н. Баташева, Л.И. Грищенко, М.Б. Лукманов,  
А.А. Сергеева, В.И. Чиков

Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, г. Казань  
E-mail: [chikov@kzn.ru](mailto:chikov@kzn.ru)

Ранее было показано, что ассимиляты (прежде всего сахароза) при движении в стебле по флоэме могут выходить в апопласт и с высокой скоростью переноситься вверх с транспирационным током воды. Благодаря присутствию в апопласте инвертазы она час-

тично гидролизуется до глюкозы и фруктозы, которые могут также увлекаться с транспирационным током вверх. Попадая в листья гексозы, метаболизируют. Чтобы выяснить характер их метаболизации, с помощью специальной установки под давлением равным корневому (0.1 атм) раствор меченой  $^{14}\text{C}$ -глюкозы вводили в фазе быстрого роста в побег льна-долгунца с транспирационным током воды на свету или при затенении в течение 30 мин., один или два часа. Анализ распределения  $^{14}\text{C}$ -углерода среди меченых веществ показал, что экзогенная глюкоза включается в фотосинтетическое русло и метаболизирует с образованием сахарозы, которая экспортируется из листьев и попадает в стебель, в том числе и в древесину. В составе растворимых меченых веществ, экстрагированных из древесины, уже через один час более 22 % составляла сахароза. Включение в сахарозу у ювенильных листьев зависело от наличия света, а у зрелых листьев-экспортеров эта зависимость была выражена слабо. На свету меченый углерод в большей мере включался в белки (особенно растворимые), а в тени – в крахмал и полисахариды, растворимые в горячей воде. Опрыскивание растений раствором аммиака ( $10^{-6}\text{ M}$ ) вызывало снижение включения  $^{14}\text{C}$  в полимерные вещества (особенно в полисахариды, растворимые в горячей воде, и крахмал). Характер влияния аммиака на фотосинтетический метаболизм углерода из меченой глюкозы сходен с действием дополнительного света. Сделан вывод, что полученные результаты подтверждают идею о выходе ассимилятов в апопласт (в том числе и стебля), их циркуляции по апопласту растения, что формирует обобществленный фонд продуктов фотосинтеза, концентрация которого является сигналом возникающих нарушений донорно-акцепторных отношений. Процесс эвакуации образующихся в листе продуктов фотосинтеза можно интенсифицировать с помощью воздействия на апопластную жидкость аммиаками.



**ИЗУЧЕНИЕ МЕЗОСТРУКТУРЫ ЛИСТА  
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА  
РАЗЛИЧНЫХ ПО ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ  
(*TR. AESTIVUM*) ДО И ПОСЛЕ ЗАКАЛИВАНИЯ РАСТЕНИЙ**

**Studying of the leaf anatomy structure and photosynthesis energetic efficiency of soft winter wheat (*Tr. aestivum*) cultivars, differing by productivity, before and after hardening**

**Н.С. Балаур, Л.Ф. Меренюк, В.А. Воронцов, М.В. Кауш, Р.Р. Кицан,  
Н.Г. Бухов<sup>1</sup>, А.Г. Шугаев<sup>1</sup>**

Институт генетики и физиологии растений АН Республики Молдова,  
г. Кишинев

E-mail: [igcanc@mail.md](mailto:igcanc@mail.md)

<sup>1</sup> Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, г. Москва

E-mail: [ifr@ippras.ru](mailto:ifr@ippras.ru)

Известно, что устойчивость озимых культур к пониженным (отрицательным) температурам связана с прохождением растениями процесса закаливания, во время которого наблюдается интенсификация фотосинтетической ассимиляции CO<sub>2</sub>, накопления сахаров, белков, крахмала и других органических соединений, выполняющих защитные функции.

Связаны ли процессы закаливания с мезоструктурой фотосинтетического аппарата, изменения которой рассматриваются как проявление регуляции фотосинтеза на морфогенетическом уровне, обеспечивающих оптимизацию и адаптацию фотосинтетического аппарата при разных экологических условиях, и какова при этом энергетическая эффективность фотосинтеза – эти вопросы остаются открытыми. Этим и была обусловлена цель настоящей работы.

Объектом исследований служили сорта мягкой озимой пшеницы (*Tr. aestivum*) различного уровня продуктивности (Баллада – 41.7 ц/га; Бельчанка 7 – 29.4 ц/га; Дана – 27.3 ц/га; Бельцкая 32 – 20.0 ц/га), представленные для изучения Научно-исследовательским институтом полевых культур (г. Бельцы, РМ). Растения были выращены в вегетационных сосудах Митчерлиха на вегетационной площадке Института генетики и физиологии растений АН РМ. Пробы для изучения мезоструктуры листа и энергетической эффективности фотосинтеза брались в фазе трех листьев до закаливания растений и через 14 дней после начала наступления пониженных температур – условия, при которых происходят процессы закаливания растений.

В результате изучения мезоструктуры листа (толщина листа, число клеток в единице площади, число хлоропластов в клетке, число хлоропластов в единице площади, объем единичного хлоропласта и объем хлоропластов в единице площади) выявлено, что изменения уровня продуктивности сортов озимой пшеницы сопровождаются определенными изменениями мезоструктуры: с повышением продуктивности растений увеличивается количество клеток в единице площади листа, количество хлоропластов в клетке и в единице площади листа, хотя объем одного хлоропласта, наоборот, больше у менее продуктивных сортов. Так, для самого продуктивного сорта (Баллада – 41.7 ц/га) выявлено  $218 \cdot 10^3$  клеток/см<sup>2</sup>, тогда как для самого низкопродуктивного (Бельцкая 32 – 20.0 ц/га) –  $175 \cdot 10^3$  клеток/см<sup>2</sup> и соответственно  $827 \cdot 10^4$  и  $506 \cdot 10^4$  хлоропластов/см<sup>2</sup> и  $382.7 \cdot 10^6$  и  $267.9 \cdot 10^6$  мкм<sup>3</sup> суммарного объема хлоропластов в единице площади.

Закаливание растений, сохранив закономерности, описанные выше, внесло определенные изменения в мезоструктуру листа: увеличилось количество клеток в единице площади (Баллада – до закаливания насчитывало  $218 \cdot 10^3$  клеток, после закаливания –  $224 \cdot 10^3$  клеток; Бельцкая 32 – до закаливания –  $175 \cdot 10^3$  клеток, после закаливания –  $185 \cdot 10^3$  клеток) и уменьшился объем единичного хлоропласта с 46.2 до 35.1 мкм<sup>3</sup> для более продуктивного сорта (Баллада) и с 52.8 до 41.4 мкм<sup>3</sup> для низкопродуктивного сорта (Бельцкая 32). Эти изменения связаны, по-видимому, с обезвоживанием листа под влиянием пониженных температур во время закаливания, которое снизилось в среднем на 5 %.

Следствием этого, по-видимому, является увеличение количества клеток на единицу площади и уменьшение объема единичного хлоропласта и объема хлоропластов на единицу площади. При этом уменьшение оводненности листа на 5 % привело к понижению объема единичного хлоропласта в среднем на 22.9 % (по сортам: Баллада – на 24.02, Бельчанка 7 – на 23.1, Дана – на 22.94 и Бельцкая 32 – на 21.59 %).

Закаливание растений привело также и к изменению уровня энергетической эффективности фотосинтеза (ЭЭФ). Последняя, будучи у наиболее продуктивных сортов более высокой, еще более увеличилась при действии пониженных температур. Так, у более продуктивного сорта Баллада уровень ЭЭФ до закаливания составлял  $7.31 \cdot 10^{-3}$  моль СО<sub>2</sub>/дж, тогда как после закаливания –  $8.25 \cdot 10^{-3}$  моль СО<sub>2</sub>/дж. Такая же закономерность выявлена и для более низкопродуктивных сортов мягкой озимой пшеницы.

Исследования проведены при финансовой поддержке совместного проекта (06.28СКА) в рамках договора между АН РМ и РФФИ.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕЗОСТРУКТУРЫ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО  
АППАРАТА У РАЗЛИЧНЫХ  
ПО ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ РАСТЕНИЙ СОИ И ГОРОХА**

**The mesostructure comparative analysis of photosynthetic apparatus of  
soybean and pea cultivars with different productivity**

**Н.С. Балаур, Л.Ф. Меренюк**

Институт генетики и физиологии растений АН Республики Молдова,

г. Кишинев

E-mail: [igcanc@mail.md](mailto:igcanc@mail.md)

Создание и селекция новых форм, сортов и гибридов растений основаны на продукционном процессе интенсивного типа, который обеспечивал бы не только высокую фотосинтетическую активность фитоценоза (экстенсивный тип продукционного процесса), но в первую очередь высокую активность единицы площади листа, клеток и хлоропластов в клетке, фотосинтеза, скорость ассимиляции  $\text{CO}_2$ , электронов в электронно-транспортной цепи и др. Такой подход (переход от экстенсивного к интенсивному типу продукционного процесса) может стать проектом нового идеатипа растения, основанного на морфофизиологических и функциональных характеристиках фотосинтетического аппарата и в целом биоэнергетических систем растительного организма.

Настоящее исследование выполнено в общем плане морфологических исследований лаборатории биоэнергетики Института генетики и физиологии растений АНМ и преследовало цель изучения изменений мезоструктуры листа растений с различной продуктивностью.

Объектами исследований служили сорта сои (Аура – 30.7 ц/га; Букурия – 23.9 ц/га; Бельцкая 82 – 22.5 ц/га; Тимпурие – 18.5 ц/га) и гороха (Глория – 32.2 ц/га; Вома 84 – 28.5 ц/га; Рената – 26.5/га; Молдавский усатый – 19.2 ц/га). Растения были выращены в полевых условиях и в условиях вегетационного опыта. Мезоструктура фотосинтетического аппарата (толщина листа, количество клеток в единице площади листа, число хлоропластов в клетке, число хлоропластов в единице площади, объем единичного хлоропласта и объемов хлоропластов в единице площади) изучалась на листьях, закончивших рост, в фазе начала цветения растений.

Сравнительный анализ изученных параметров мезоструктуры листа у разных сортов, различающихся уровнем продуктивности, показал, что независимо от генотипа и условий выращивания растений (поле или вегетационные сосуды) закономерности изменения

мезоструктуры носят одинаковый характер. Так, толщина листа увеличивается по мере снижения продуктивности: для более продуктивного характера наименьшая толщина листа (горох, сорт Глория – 39.2 ц/га, толщина листа равна  $143 \pm 1.4$  мкм, а для сорта Молдавский усатый – 19.2 ц/га, соответственно  $160 \pm 1.9$  мкм; соя, сорт Аура – 30.7 ц/га толщина листа  $123 \pm 1.4$  мкм, а для сорта Тимпурие – 18.5 ц/га соответственно  $153 \pm 2.1$  мкм).

Число клеток в единице площади листа ( $1 \text{ см}^2$ ) и число хлоропластов в клетке уменьшаются по мере снижения продуктивности растений: для самого продуктивного сорта характерны наибольшее количество клеток в единице площади листа (горох, сорт Глория – 32.2 ц/га, –  $299 \cdot 10^3$  клеток; соя, сорт Аура – 30.7 ц/га,  $282 \cdot 10^3$  клеток, сорт Тимпурие – 18.5 ц/га,  $210 \cdot 10^3$  клеток) и хлоропластов в клетке (горох, сорт Глория –  $60 \pm 2$ ; сорт Молдавский усатый –  $47 \pm 1$  хлоропластов; соя, сорт Аура –  $82 \pm 1$ ; сорт Тимпурие –  $59 \pm 2$  хлоропластов), тогда как объем единичного хлоропласта максимальный у низкопродуктивных сортов и наименьший у сортов с наибольшим уровнем продуктивности. Перерасчет объема хлоропластов в единице площади листа ( $1 \text{ см}^2$ ) выявил прямую положительную корреляцию между уровнем продуктивности растений и объемом хлоропластов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что переход продуктивности растений с более низкого уровня к более высокому сопровождается интенсификацией продукционного процесса через увеличение количества клеток в единице площади, хлоропластов в клетке и единице площади листа и объема хлоропластов в единице площади листа.

Исследования проведены при финансовой поддержке совместного проекта (06.28СКА) в рамках договора между АНМ и РФФИ.

## **ВЛИЯНИЕ НИТРАТОВ НА ФОТОСИНТЕЗ И ТРАНСПОРТ АССИМИЛЯТОВ**

### **The influence of nitrates on photosynthesis and assimilate transport**

**С.Н. Баташева, М.Б. Лукманов, Л.И. Грищенко, Ф.А. Абдрахимов,  
Г.Г. Бакирова, В.И. Чиков**

Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, г. Казань  
E-mail: [sbatasheva@mail.ru](mailto:sbatasheva@mail.ru)

Повышенное нитратное питание растений приводит к относительно уменьшению оттока сахарозы из листьев к потребляющим ассимиляты органам. Было показано, что этот эффект связан с усилением гидролиза свежесинтезированной сахарозы в апопласте листьев при подкормке растений нитратами. Целью настоящей

работы было выяснение того, является ли ингибирование фотосинтеза и торможение оттока ассимилятов, наблюдаемые при подкормке растений нитратами, следствием поступления нитрат-иона в апопласт листа. Исследовали фотосинтетический метаболизм углерода на фоне введения в апопласт растворов нитратов ( $\text{KNO}_3$  (0.5 или 1.5 %),  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (1.5 %),  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (0.2 %), мочевины (0.15 или 2.5 %) и воды (контроль). Введение в апопласт нитратов приводило к снижению ассимиляции  $^{14}\text{CO}_2$ . Сразу после подкормки  $^{14}\text{CO}_2$  при введении нитратов наблюдались уменьшение включения  $^{14}\text{C}$  в сахарозу и снижение соотношения меченых сахароза/гексозы, увеличение содержания  $^{14}\text{C}$  в продуктах гликолатного пути и аминокислотах. Было показано, что введение восстановленного азота не оказывает такого влияния, как введение нитратов. Действие нитрата напрямую зависело от его концентрации, а катион при нитратном ионе не играл решающей роли. Изучение распределения  $^{14}\text{C}$  по растению спустя три часа после подкормки  $^{14}\text{CO}_2$  средней части растения показало, что введение в апопласт нитратов ( $\text{KNO}_3$  (0.5 %) или  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (0.2 %)) вызывало торможение оттока  $^{14}\text{C}$ -ассимилятов из участка, подкормленного  $^{14}\text{CO}_2$ . При этом введение раствора мочевины (0.15 %) не изменяло распределения ассимилятов по растению по сравнению с контролем. Независимо от состава вводимого раствора, большая часть  $^{14}\text{C}$ -ассимилятов двигалась в нисходящем направлении. Однако добавление нитратов приводило к относительному уменьшению поступления  $^{14}\text{C}$  в нижнюю часть растения и повышению поступления  $^{14}\text{C}$  в верхнюю часть, по сравнению с контролем и введением раствора мочевины (0.15 %). Возможно, это было связано с тем, что в присутствии нитратов усилился гидролиз сахарозы, выходящей из флоэмы в процессе транспорта в апопласт стебля, что должно было приводить к появлению большого количества меченых гексоз, которые не могут загрузиться во флоэму и легко уносятся транспирационным током воды вверх. Было обнаружено, что через три часа после подкормки  $^{14}\text{CO}_2$  относительное содержание  $^{14}\text{C}$ -сахарозы в листьях растений, в которые вводили нитраты, сильно возросло, в то время как в контроле и при введении мочевины – снизилось; величина соотношения меченых сахароза/гексозы при этом стала выше, чем в контроле. Изучение динамики содержания  $^{14}\text{C}$ -сахарозы в донорных листьях показало, что через 30 мин. после ассимиляции  $^{14}\text{CO}_2$  относительное содержание  $^{14}\text{C}$ -сахарозы возрастало как в контроле (с 60.1 до 71.6 %), так и при введении 0.5 %-ного раствора  $\text{KNO}_3$  (с 51.4 до 67.7 %). Поступление  $^{14}\text{C}$  в сахарозу в этот период объясняется, главным образом, ее синтезом из других продуктов фиксации  $^{14}\text{CO}_2$  в листе. Еще через 2.5 ч при добавлении воды относительное содержание  $^{14}\text{C}$ -сахарозы снижалось (до 50.7 %), что, вероятно, было

связано с ее оттоком из листьев, а при введении нитратов продолжало увеличиваться (до 75 %). Таким образом, при поступлении нитратов отток  $^{14}\text{C}$ -сахарозы из листа не компенсировал ее синтез, что и приводило к ее постепенному накоплению. Радиоавтография целых листьев через 30 мин. и три часа после подкормки  $^{14}\text{CO}_2$  показала, что при введении нитратов  $^{14}\text{C}$ -ассимиляты постепенно накапливались вне крупных пучков, то есть либо в клетках мезофилла, либо в клетках проводящей системы мелких жилок, откуда они не поступали в крупные. В то же время в листьях контрольных растений  $^{14}\text{C}$ -ассимиляты сосредотачивались в основном в крупных проводящих пучках и впоследствии экспортировались из листа.

Таким образом, можно сделать вывод, что подавление экспортной функции листа при повышенном азотном питании растений связано с поступлением нитрат-иона в апопласт. Обсуждаются возможные механизмы торможения оттока ассимилятов при поступлении нитратов в апопласт, в том числе возможность усиления синтеза каллозы.

**ГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС СОРТОВ *HELIANTHUS TUBEROSUS* L.  
В СВЯЗИ С ОСОБЕННОСТЬЮ КЛУБНЕОБРАЗОВАНИЯ  
И ПРОДУКТИВНОСТЬЮ**

**The hormonal status of *Helianthus tuberosus* L. cultivars  
in relation to the specificity of tuberization and productivity**

**Р.А. Борзенкова, Г.П. Федосеева, М.П. Рябчунова**  
Уральский государственный университет, г. Екатеринбург  
E-mail: [Irina.Kiselyova@usu.ru](mailto:Irina.Kiselyova@usu.ru)

Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – нетрадиционная сельскохозяйственная культура, ценность которой определяется не только высокой биологической продуктивностью, но и уникальным химическим составом. В клубнях и других органах накапливается большое количество фруктанов разной степени полимеризации, включая наиболее высокомолекулярный из них – инулин. Это определяет использование топинамбура как источника фруктозы и биологически активных соединений. В то же время эта культура, как и другие клубненосные виды, представляет теоретический интерес с точки зрения регуляции клубнеобразования и роста клубней. Известно, что у видов картофеля инициация клубнеобразования, т.е. переход к радиальному разрастанию субапикальной части stolона, происходит после прекращения его линей-

ного роста. У топинамбура радиальный рост и формирование клубня осуществляется на фоне продолжающегося линейного роста столона. В результате этого верхушка клубня сохраняет свой рост, образуя все новые метамеры, что приводит к формированию своеобразных сильно вытянутых клубней. Исходя из этого и имеющихся в литературе данных по гормональной регуляции клубнеобразования у картофеля, можно было предполагать отличие гормональной ситуации у растений топинамбура, особенно в столонах и клубнях, по сравнению с картофелем.

Исследовали динамику содержания фитогормонов (АБК, цитокинины) в разных органах четырех сортов растений топинамбура второго года жизни в течение вегетации – от начала отрастания надземной массы с 20 мая по 20 сентября. Сорта отличались по скорости перехода к клубнеобразованию, интенсивности роста клубней и хозяйственной продуктивности. Для сортов Интерес и Находка были характерны более ранний переход к клубнеобразованию и высокая скорость роста клубней. Они формировали высокий урожай, а относительная доля клубней в биомассе растения составляла к концу наблюдений соответственно 26 и 40 %. У двух других сортов (Вадим и Венгерский) клубнеобразование замедлено. Доля клубней составляла у них лишь 6 и 9 %. Особенно сильно был подавлен переход к клубнеобразованию у сорта Венгерский, у которого развивается много длинных мощных столонов с единичными, очень маленькими клубеньками.

Результаты показали, что общая картина распределения данных гормонов при переходе роста столонов к формированию клубней у топинамбура сходна с таковой у картофеля. В частности, в столонах перед началом клубнеобразования и в заложившихся клубнях наблюдалось максимальное содержание АБК. В зависимости от сроков перехода к клубнеобразованию у разных сортов накопление АБК было сдвинуто в ту или иную сторону: у сортов с ускоренным клубнеобразованием содержание АБК достигало максимума раньше, чем у других сортов. У сорта, у которого инициация клубнеобразования подавлена (Венгерский), резкого накопления АБК в столонах не происходило. Ее содержание было самым низким в течение всей вегетации не только в столонах и закладывающихся в клубнях, но и в других органах. Это говорит о том, что накопление АБК является обязательным для перехода к клубнеобразованию, независимо от того, прекращается (как у картофеля) или не прекращается (у топинамбура) линейный рост столона перед его разрастанием в клубень.

Наряду с накоплением АБК более быстрый переход к клубнеобразованию (Находка, Интерес) был сопряжен также с высоким содержанием цитокининов в столонах. По мере роста клубней в

них снижалось как содержание цитокининов, так и АБК. Но уровень АБК уменьшался быстрее и сильнее, чем содержание цитокининов. В отличие от картофеля концентрация цитокининов сохранялась в процессе роста клубней топинамбура долгое время на достаточно высоком уровне. В результате соотношение содержания АБК и цитокининов складывалось в пользу второго, тогда как в процессе созревания клубней картофеля соотношение АБК/цитокинины постепенно сдвигается в пользу первого. Вероятно, высокий уровень цитокининов по сравнению с АБК в процессе роста клубней у топинамбура связан с их продолжающимся верхушечным, акропетальным ростом.

Таким образом, хотя картина распределения АБК и цитокининов при переходе к клубнеобразованию сходна у топинамбура и картофеля, но имеются различия между ними в динамике содержания этих гормонов в процессе роста клубней, что связано, очевидно, с особенностью роста клубней у топинамбура.

#### **АКТИВНОСТЬ НИТРАТРЕДУКТАЗЫ В ЛИСТЬЯХ РЕДЬКИ МАСЛИЧНОЙ И РАПСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПОЛОЖЕНИЯ ИХ НА СТЕБЛЕ**

**Nitrate reductase activities in leaves of *Raphanus sativus* L. and *Brassica napus* L. depending on their location on stem**

**Е.В. Бояркин, Н.В. Дорофеев, А.А. Пешкова**

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск  
E-mail: [physgen@sifibr.irk.ru](mailto:physgen@sifibr.irk.ru)

Нитратредуктаза – лабильный фермент, активность которого зависит от многих факторов: света, наличия субстрата, возраста растений и их органов. Скорость восстановления нитратов изменяется не только по органам растений, но и внутри одного органа. Так, в меристематических тканях активность нитратредуктазы выше, поэтому в молодых листьях редукция нитратов протекает с большей скоростью в сравнении с более старыми, а в растущей части листа выше, чем в зрелой. Изучение редукции нитратов в органах растений в различные фазы развития показало, что активность нитратредуктазы более высокой была в листьях.

Настоящее сообщение посвящено изучению потенциальной активности нитратредуктазы в зависимости от возраста листьев растений редьки масличной и рапса. Исследования проводили в полевых условиях. Определяли потенциальную активность нитратредуктазы методом *in vitro* в фазе цветения растений. Листья редьки масличной и рапса в фазу цветения растений можно разде-



лить на ярусы в зависимости от расположения по высоте стебля. Листья каждого яруса имеют возрастные и морфологические отличия.

Активность нитратредуктазы в листьях рапса возрастала от яруса к ярусу и достигала наивысшего значения в верхнем (четвертом). У редьки масличной наиболее высокая активность фермента была показана в листьях третьего яруса, но, тем не менее, самые молодые листья четвертого яруса лишь немного уступали им по этому показателю.

Несмотря на высокую активность фермента в листьях четвертого яруса в расчете на грамм сырого веса, вклад листьев, учитывая их небольшую массу, оказывается наименьшим, как у редьки масличной, так и у рапса. Нижние листья значительно крупнее верхних, и, несмотря на малую скорость редукции нитратов, на них приходится до 50 % от общей активности нитратредуктазы всего листового аппарата.

Анализ листьев различных ярусов у растений редьки масличной и рапса не позволил выделить зависимости содержания нитратов в тканях от потенциальной активности нитратредуктазы. У рапса листья четвертого яруса обладали наивысшей потенциальной активностью фермента, и содержание нитратов в них было наименьшим, для редьки масличной такой закономерности не выявлено.

Облиственность растений с возрастом снижается. На ранних этапах онтогенеза идет интенсивное накопление массы листьев и облиственность растений остается постоянной. С фазы бутонизации начинается снижение облиственности, которое с 95 % в фазу всходов уменьшилось до 46 % в фазу цветения и до 24 % ко времени плодообразования. Учитывая важную роль листьев в восстановлении нитратов, для формирования урожая необходимо поддерживать облиственность растений на высоком уровне более продолжительное время.

Таким образом, активность фермента наиболее высока в молодых листьях верхних ярусов. Вероятно, повышенная активность нитратредуктазы в верхних, самых молодых листьях, определяется комплексом факторов. К этим признакам можно отнести и высокую метаболическую активность молодых тканей, и лучшую освещенность, а соответственно и большую скорость фотосинтетических процессов, что особенно сказывается на очень плотных одновидовых посевах.

**ФОРМА ЛИСТЬЕВ КАК ФАКТОР ПРОДУКТИВНОСТИ ФЕНОТИПОВ СОИ****Leaf shape as the factor of soybean fenotips productivity****А.Б. Будак, О.А. Харчук**Институт генетики и физиологии растений АН Молдовы, г. Кишинев  
E-mail: [kharchuk.biology@mail.ru](mailto:kharchuk.biology@mail.ru)

Представлены результаты изучения разнокачественности сои по некоторым связанным с продуктивностью признакам. Фенотипическое разнообразие является ориентиром при решении вопроса соотношения продуктивности и качества урожая, а также устойчивости растений.

Объект исследования – соя *Glycine max* L. сорта Букурия. Растения выращивали на открытой площадке в вегетационных сосудах на черноземной почве. Фенотипы получали модификацией почвенных условий при закладке опыта: по массе почвы (5 и 40 кг), содержанию в почве гумуса (3 и 10 %) и глинистых минералов. Средний вес семян и урожай (г/растение) при определении продуктивности учитывали отдельно по нижней части растения (от семядольных листьев по третий настоящий лист центрального стебля) и верхней части растения (от четвертого настоящего листа центрального стебля и выше), включая соответствующие боковые побеги. Содержание масла в семенах определяли методом ЯМР-релаксации, в качестве стандарта использовали образцы соевого масла и линолевой кислоты. Площадь листьев и полную листовую поверхность растений определяли двумя способами: методом контуров и по параметрам центральной листовой пластинки тройчатого листа. Листовую поверхность растений, как и показатели продуктивности, учитывали отдельно по нижней и верхней частям растения. Семенную продуктивность на единицу площади листьев определяли отдельно для целого растения, нижней и верхней части как урожай семян (г), деленный на соответствующую листовую поверхность (дм<sup>2</sup>).

Установлена разная ширина диапазона фенотипической разнокачественности для отдельных параметров роста, продуктивности и качества: более широкий – по сухому весу корневой системы (1-6 г), площади листовой поверхности (5-75 дм<sup>2</sup>), семенной продуктивности растений (5-40 г/растение) и масличности семян (15-25 %) и менее широкий – по семенной продуктивности на единицу площади листьев (0.5-1.75 г/дм<sup>2</sup>) и среднему весу семян (160-215 мг).

Определили зависимость площади листовой пластинки от ее формы (отношения длины к ширине). На основе способа определе-

ния площади тройчатого листа сои расчетным методом по длине центральной листовой пластинки (Леценко и др., 1989) определили степень развернутости листовой поверхности как отношение экспериментальной площади листовой поверхности конкретного фенотипа к потенциальной площади для экспериментальных значений длин центральных листовых пластинок, но не при экспериментальном отношении длины к ширине, а при отношении длины к ширине 1.25, что по пп. 1.4.05. и 1.4.07.1. международного классификатора рода *GLYCINE L.* (ВИР им. Н.И.Вавилова, 1981) соответствует крупным листьям широкояйцевидной формы с притупленным окончанием.

Установлено, что для разных фенотипов степень развернутости листовой поверхности варьирует в пределах от 0.5 до 0.8 (для отдельных листьев диапазон шире – от 0.1 до 1.1). Продуктивность на единицу площади листа зависит от площади листовой поверхности фенотипа, уменьшаясь с увеличением площади листовой поверхности (коэффициент корреляции 0.89). Качественно подобная тенденция имела место и по масличности семян: при максимальной листовой поверхности содержание масла в семенах низкое. Продуктивность на единицу площади листа зависит от степени развернутости листовой поверхности, увеличиваясь с уменьшением степени развернутости листовой поверхности. Для нижней («кустистой») части растений коэффициент корреляции невысокий (порядка 0.2), для верхней части он достигает 0.97. Максимальная семенная продуктивность (1.75 г/дм<sup>2</sup>) получена при минимальной развернутости листовой поверхности. Эти соотношения между листовой поверхностью, продуктивностью и качеством семян, полученные для растений в вегетационном опыте, соответствуют фитоценотическим закономерностям: максимум валовой (фитомасса) продукции достигается при ИЛП, равном восьми-десяти, тогда как максимальной чистой продукции соответствует ИЛП, близкое к четырем; для повышения качества урожая ИЛП снижают (к примеру, высококачественные сорта пшеницы выращивают с ИЛП около единицы).

Уменьшение степени развернутости листовой поверхности связано с увеличением аттракции ассимилятов семенами. От этого зависит не только продуктивность, но и устойчивость растений. По мере снижения степени развернутости листьев можно выделить два этапа влияния повышения продуктивности единицы площади листа на устойчивость растений: на первом она возрастает без снижения устойчивости, на втором происходит истощение ресурсов растения и снижение устойчивости. Издавна подчеркивалась локальная адаптивная дифференциация местных сортов (Стебут, 1911; Вавилов, Букинич, 1929 и др.), при этом подчеркива-

лась их исключительная приспособленность к неблагоприятным условиям. Полученные нами результаты соответствуют тому, что устойчивость местных сортов основана на естественном отборе генотипов с оптимальным для местной экониши отвлечением ассимилятов с ростовых процессов на генеративные с сохранением преимущественной доминантности признаков устойчивости. Рецессивный характер продуктивности единицы площади подтверждается известными данными о рецессивности признака узколистности.

### ВЛИЯНИЕ ЦИРКОНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

#### The influence of treatments with *Zircon* on *Solanum tuberosum* yield under climatic conditions of the European North

Н.П. Будыкина, Н.И. Хилков, Т.С. Гоголева  
Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск  
E-mail: nelli@bio.krc.karelia.ru

Способность рострегулирующих веществ влиять на важнейшие этапы жизнедеятельности растений с целью мобилизации у них потенциальных возможностей для повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции представляет особую ценность с точки зрения их возможного использования в экологических системах защиты растений, особенно в районах рискованного земледелия. ННПП «Нэст М» предлагает сегодня новый препарат *Циркон*, действующим веществом которого является смесь гидроксикоричных кислот (0.1 г д.в./1 л), получаемых из растительного сырья. Оксикоричные кислоты (п-кумаровая, кофейная, синаповая) являются веществами фенольной природы и широко распространены в растениях (Запрометов, 1993; Баширова и др., 1998; Максимов и др., 2002; Малеванная, 2004).

Цель исследований – изучить эффективность действия препарата *Циркон* на рост, развитие, формирование продуктивности и адаптивный потенциал растений картофеля в условиях западной части Европейского Севера.

Работа проводилась на картофеле с. Петербургский на Агробиологической станции Института биологии КарНЦ РАН (г. Петрозаводск) путем постановки мелкоделяночных опытов. Почва участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, с содержанием гумуса 2.3 %,  $P_2O_5$  – 18 мг,  $K_2O$  – 16 мг/100 г почвы,  $pH_{\text{сол.}}$  – 5.3. Посадка проводилась клубнями массой  $75 \pm 5$  г с площадью питания  $70 \times 30$  см и внесением под культивацию N60P60K90. Схема

применения *Циркона* включала варианты: обработка семенных клубней; обработка (опрыскивание) растений перед началом фазы бутонизации; обработка растений в фазе цветения; двукратная обработка – перед началом фазы бутонизации и повторно в фазе цветения; контроль – обработка (опрыскивание) водой. Препарат *Циркон* использовался в концентрации  $3.25 \cdot 10^{-4}$  и  $4 \cdot 10^{-3}$  % д.в. Метеорологические условия в год проведения исследований не соответствовали требованиям культуры картофеля: май был холодный и дождливый, июнь – холодный, с частыми дождями в конце месяца, июль – относительно теплый, с равномерным количеством осадков, в августе температура воздуха была ниже средней многолетней на  $3^\circ\text{C}$ , осадков выпало две месячные нормы.

Проведенные исследования показали, что допосевная обработка клубней путем мелкодисперсного опрыскивания раствором *Циркона* стимулирует пробуждение покоящихся почек (глазков) и число ростков на клубне. Наблюдаемая активизация ростовых процессов в клубне и в начале развития растений ускоряет в условиях холодного и дождливого мая – июня месяцев на три-четыре дня появление всходов и наступление последующих фенофаз, увеличивает на 59 % количество стеблей в кусте. В итоге урожайность в сравнении с контролем выросла на 23 %, содержание крахмала – на 14.

Применение *Циркона* в начале фазы бутонизации (высота куста 30-35 см) вызывает вторичное ветвление стеблей, ускоряет рост столонов и формирование клубней. Число стандартных клубней в урожае увеличилось на 20 %, их масса – на 25. Несмотря на то, что количество нестандартных клубней было близко к контролю, их масса возросла на 28 %. В целом урожайность при окончательной уборке повысилась на 37 %.

Эффективно применение *Циркона* в фазе цветения и двукратно в начале фазы бутонизации и в цветении: урожай клубней по отношению к контролю составил 120 и 131 % соответственно.

Установлено также фитозащитное действие *Циркона* против возбудителей болезней. В год проведения мелкоделяночных экспериментов основной болезнью картофеля была *Phytophthora infestans de Bary*. В условиях естественного инфекционного фона *Циркон* (при двукратной обработке вегетирующих растений) повышает устойчивость растений к возбудителям фитофторы на 15-30 %, вероятно, за счет его способности стимулировать иммунную систему картофеля.

Полученные результаты подтверждают имеющиеся в литературе данные, что *Циркон* является не только эффективным регулятором роста, активирующим формообразовательные процессы и повышающим устойчивость растений к абиотическим стрессам,

но и препаратом с активностью против возбудителей болезней растений. В условиях низкой температуры и избыточного увлажнения почвы в начале вегетации растений и переувлажнения в период созревания клубней препарат увеличивает урожайность картофеля. При этом степень его влияния на количество и массу клубней зависит от выбранной дозы, срока и кратности обработок. Более того, в условиях, благоприятных для развития фитофтороза (повышенная влажность и низкие температуры), *Циркон* сдерживает развитие этого заболевания.

В заключение приносим благодарность Генеральному директору ННПП «НЭСТ М» кандидату биологических наук Н.Н. Малеванной за предоставленный препарат и поддержку этих исследований.

#### ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА У ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ *PISUM SATIVUM* L.

Physiological concept of production process  
in heterotic hybrids of *Pisum sativum* L.

О.Б. Вайшля

Томский государственный университет, г. Томск  
E-mail: [planta@mail.tomsknet.ru](mailto:planta@mail.tomsknet.ru)

Предложен оригинальный подход к исследованию физиолого-биохимических особенностей продукционного процесса высокогетерозисных форм гороха и их родительских линий. Его идея заключается в системном анализе причин разной зерновой урожайности генотипов гороха не по отдельным физиолого-биохимическим показателям, а по факторам – системам связности параметров фотосинтеза, дыхания и роста. Из 246 метаболических маркеров факторный анализ позволил выделить (отбирались показатели с факторными нагрузками  $\geq 0.75$ ) 59 параметров, объединенных в систему связности «Продуктивность», 60 параметров – в систему «Гомеостаз» и 22 показателя – в систему «Регуляция». В гетерозисной селекции принято считать, что не существует универсальной причины возникновения гибридной силы. Генетические причины данного случая гетерозиса – эпистаз и формирование компенсационного комплекса генов (ККГ) у мутанта (М)2004, полученного из сорта Торсдаг (Т). Рецессивная полудеталь гена «*chi*» этого генотипа нарушает синтез одного из белков реакционных центров фотосистемы I, в результате чего растительный организм оказывается на грани между жизнью и гибелью в течение всего

онтогенеза. На этом фоне все физиолого-биохимические системы растения проходят отбор, и формируется мощный комплекс специфических, хорошо скоординированных генов, которые контролируют эту жизнеспособность и гасят вредное действие полулетаги. В данной работе впервые были идентифицированы физиологические показатели ККГ М2004 и установлена их связь с фактором «Гомеостаз» – системой связности параметров сложных приспособительных реакций, направленных на устранение различных нарушений. В классическом понимании в гибридном организме происходит повышение активности всех физиологических систем – фотосинтеза, дыхания, ростовых и других функций. Однако в данном исследовании показано, что у гибридов происходит увеличение интеграции и согласованности физиологических показателей фотосинтеза, дыхания и роста, работающих по системам связности показателей на формирование продуктивности, поддержание гомеостаза и сохранение регуляции растительного организма. Механизм гетерозиса реализуется на физиологическом уровне через взаимодополнение не отдельных показателей того или иного процесса, а систем связности показателей, отражающих биологические закономерности функционирования растительного организма – продуктивности, гомеостаза, регуляции. Факторный и сравнительный анализ изученных физиолого-биохимических показателей позволил выявить «лимитирующие факторы», влияющие на проявление хозяйственно полезных признаков у изученных линий гороха. Усиление метаболических процессов у гибридов происходит за счет комплементации по системам связи «Продуктивность» и «Гомеостаз». Ранее высказанные теории о физиологических причинах гибридной мощности – биохимического обогащения зиготы, комплементации белковых систем ядра и цитоплазмы, сбалансированного метаболизма, гибридных белков и другие не противоречат принципу более тесного сопряжения фотосинтеза и дыхания, показанного в клетках генотипов гороха ТхМ-2004 и М-2004хТ. У Торсдага лимитирующее звено – группа показателей из фактора «Регуляция», у гибридов в результате сочетания ККГ М2004 и системы показателей Торсдага из фактора «Продуктивность» происходит не только усиление слабого места в физиологических процессах регуляции, но и более согласованные действия генов, работающих на формирование биологических систем связности показателей «Продуктивность» и «Гомеостаз». По-видимому, узкое звено в цепи метаболизма гибридов все равно остается, но оно настолько усиливается, что перестает быть лимитирующим фактором, но тогда узким звеном становится другой участок метаболической цепи. У исходного сорта гороха Торсдаг, по-видимому, высокая комбинационная способность отсутствует, потому что

наблюдается депрессия по системе «Регуляция», приводящая к неполноте и неуравновешенности физиологических систем, о чем свидетельствует положительная, но слабая связь средних значений показателей Торсдага с нагрузками факторов «Продуктивность» и «Гомеостаз» из общей выборки генотипов. Взаимосогласованность и высокая эффективность метаболических реакций гибридов определяются внесением в их геном генов из ККГ М2004, изменяющих работу факторов «Продуктивность», «Гомеостаз» и «Регуляция» таким образом, что происходит комплементация систем достаточно высокого порядка. В результате этого оптимально сбалансированный метаболизм обеспечивает высокую толерантность к стрессовым факторам и широкие адаптивные свойства, т.е. приводит к гетерозису. Предлагаемый системный подход может быть применен для создания высокоурожайных культурных растений и предусматривает, во-первых, изучение не отдельных показателей растений, а их систем, объединенных в факторы; во-вторых, сравнительную оценку не отдельных генотипов и гибридов между собой, а конкретных линий и сортов с факторными нагрузками показателей, рассчитанными для большой вариации контрастных по продуктивности генотипов определенного вида растений.

#### **КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСТЕНИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ И УСТОЙЧИВОСТЬ ВИНОГРАДА К НИЗКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ**

##### **Complex provision of plants by trace elements and grape resistance to low temperature**

**С.Г. Велисар, С.И. Тома, Г.Ф. Тудораке, Т.И. Давид, Д.И. Братко**  
Институт генетики и физиологии растений АН Молдовы, г. Кишинев  
E-mail: *dechevas@mail.ru*

Молдова как один из регионов интенсивного сельского хозяйства с давних пор славится своими богатыми черноземными почвами, которые были столь высоко оценены знаменитым русским почвоведом В.В. Докучаевым. Однако интенсификация аграрного сектора, пересеченный рельеф и неравномерное распределение осадков привели к резкому снижению плодородия почв. Одним из условий восстановления и поддержания плодородия почвы является рациональное применение микроудобрений на фоне основных удобрений.

Большинство почвенных разновидностей Молдовы можно отнести к достаточно обеспеченным валовыми формами микроэлементов. Однако доступность этих элементов растениям низкая. Так,



количество подвижных форм В, Мп, Ni и Zn составляет 0.8-2.5 % от валового содержания, Мо – 3-10. Исследования, проведенные на протяжении более 50 лет в различных научных учреждениях Молдовы, показали, что сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами является одним из основных условий повышения урожайности и устойчивости растений к неблагоприятным условиям произрастания. На основании многолетних полевых и вегетационных опытов, проведенных в различных почвенно-климатических условиях, установлено, что применение микроудобрений способствует активации некоторых метаболических процессов, особенно при неблагоприятных условиях произрастания. Такие элементы, как Fe, Мп, В, Zn, Мо и другие, при оптимальном количестве и соотношении с другими питательными элементами повышают продуктивность и резистентность растений к засухе, низким температурам и дисбалансу в питательной среде, улучшают качество продукции. При этом особенно важно обеспечить растения в критические фазы развития комплексом необходимых элементов питания.

На основании многолетних исследований в АНМ разработан препарат Микроком, включающий пять-семь важнейших микроэлементов с учетом потребностей той или иной культуры в критические фазы развития, он рекомендован для некорневой подкормки растений. Препарат разработан в трех модификациях: для винограда (Микроком-В), сахарной свеклы (Микроком-Т) и сои (Микроком-Б). Испытания проведены в вегетационных и полевых опытах в 2003-2006 гг. В данной работе приведены результаты испытания препарата при выращивании одной из важнейших для Молдовы культур – винограда.

В вегетационных и полевых опытах установлено, что двух-трехкратная некорневая подкормка винограда раствором препарата Микроком-В способствовала увеличению количества фотосинтетических пигментов в листьях, изменению минерального статуса растений, скорости и направленности процессов обмена углеводных соединений в органах винограда, повышению урожайности растений.

Основными лимитирующими факторами стабильного развития виноградарства в республике являются заморозки, а также низкие критические температуры в зимний период. Устойчивость растений к ним зависит от условий питания в процессе вегетации. Полученные нами данные показали, что некорневая подкормка раствором комплекса микроэлементов усиливает ростовые процессы, ускоряя в то же время на 7-10 % по сравнению с контрольными растениями степень вызревания побегов, что очень важно для повышения устойчивости растений в зимний период. После воз-

действия низких температур ( $-14-18^{\circ}$ ) отмечены снижение количества крахмала и увеличение содержания растворимых сахаров в побегах винограда. Учеты, проведенные весной, свидетельствуют о положительном влиянии летней подкормки на сохранность глазков в зимний период: в вариантах с Микрокомом на побегах обнаружено более высокое количество живых глазков и меньше – полностью погибших, что подтвердило более высокую устойчивость этих растений к низким температурам.

Полученные данные свидетельствуют о том, что комплексный препарат Микроком является эффективным средством повышения устойчивости растений к неблагоприятным условиям произрастания. Микроком способствовал также более полной реализации адаптивного потенциала растений сахарной свеклы и сои. Результатом этих изменений стало увеличение биомассы растений и повышение урожайности растений.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Высшего Совета по науке и технологическому развитию АНМ, проект 5/2-33.

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
И ПРОДУКТИВНОСТЬ ВИНОГРАДА  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РАСТЕНИЙ ЖЕЛЕЗОМ**

**Photosynthesis activity and productivity of grapevine  
under the different iron provision**

С.Г. Велисар, Ж.Е. Крейдман, В.М. Бусуйок, Р.Ф. Сырку, Д.С. Велисар  
Институт генетики и физиологии растений АН Молдовы, г. Кишинев  
E-mail: *dechevas@mail.ru*

Цель данной работы – обобщение многолетних исследований авторов по изучению фотосинтетической деятельности листьев винограда при дефиците железа и некорневой подкормке различными Fe-содержащими соединениями. Исследования проведены в лабораторных условиях, на вегетационной площадке и в полевых экспериментах с различными сортами винограда, здоровыми и в различной степени поврежденными эдафическим хлорозом. Листья здоровых и хлорозных кустов винограда для предварительного анализа отбирали на виноградниках Молдовы и Краснодарского края.

Одна из причин Fe-дефицитного хлороза – иммобилизация поступившего в корни железа в силу нарушения минерального баланса и антагонизма с другими элементами. При этом нами отмечено, что в слабохлорозных листьях винограда количество Fe

больше, чем в здоровых. Впоследствии этот факт отметил и Romheld с сотр. и назвал его «хлорозный парадокс». Предположительно, это – следствие изменения метаболизма фитогормонов в связи с ингибированием роста корней. По мере увеличения степени проявления хлороза концентрация Fe в поврежденных листьях снижается.

Сравнение концентрации фотосинтетических пигментов в здоровых и хлорозных листьях винограда показывает, что при хлорозе в два-четыре раза снижается количество хлорофилла. При хлорозе чаще всего происходит преимущественная деструкция хлорофилла *b*. Общее количество каротиноидов в хлорозных листьях несколько снижается по сравнению со здоровыми. Желтый цвет Fe-дефицитных листьев обусловлен относительным увеличением количества каротиноидов по отношению к зеленым пигментам. Известно, что Fe необходим уже на самом первом этапе биосинтеза хлорофилла – при синтезе 5-аминолевулиновой кислоты (5-АЛК). Наши исследования, проведенные *in vivo* и *in vitro* на трех сортах винограда, показали, что при исключении Fe из питательной среды содержание 5-АЛК в листьях саженцев снижалось значительно быстрее, чем содержание хлорофилла.

В полевых и контролируемых условиях отмечено также сокращение интенсивности фотосинтеза хлорозных листьев, обусловленное уменьшением количества пигментов, оводненности листьев и преждевременным их старением. В хлорозных листьях изменяются интенсивность и направленность процессов углеводного обмена, количество свободных аминокислот, органических кислот. Анализ электрофоретических программ легкорастворимых белков показал, что в спектре белков хлорозных листьев преобладают компоненты с низкой электрофоретической подвижностью. Все отмеченные изменения в метаболизме хлорозных растений винограда приводят не только к уменьшению продуктивности, но и к снижению степени устойчивости кустов к низким температурам в зимний период, а также к сокращению продолжительности эксплуатации насаждений.

Один из основных способов восполнения дефицита растений винограда в доступном Fe – некорневые подкормки Fe-содержащими соединениями в критические для растений фазы развития. Практически все использованные нами соединения в той или иной степени способствовали увеличению количества железа в листьях хлорозных растений. Это особенно важно в условиях высокой концентрации в органах растений антагониста Fe – меди (следствие обработки растений медьсодержащими фунгицидами). Большинство соединений повысили содержание хлорофилла, особенно хелатные и кластерные соединения. Некорневая подкормка оказала

положительное влияние на содержание свободных АК, при этом снижается концентрация в листьях  $\gamma$ -аминомасляной кислоты, аланина, пролина, гистидина, аспарагина.

Заметное увеличение интенсивности фотосинтеза листьев винограда по сравнению с контрольными растениями происходит во второй половине вегетации после подкормки такими соединениями Fe, как гринзит и гажазот. Отмечена тенденция к увеличению прироста побегов и степени их вызревания у хлорозных растений после подкормки комплексными соединениями Fe и, в меньшей степени, простыми солями микроэлементов.

Определение интеграционного показателя – урожайности кустов – показало, что в год действия некорневой подкормки происходит увеличение количества урожая хлорозных растений, главным образом за счет веса гроздей. На второй год после подкормки также отмечено повышение урожайности по сравнению с контрольными кустами, хоть и в меньшей степени. При этом происходит увеличение количества гроздей на кустах. Эффективность Fe-содержащих соединений зависит от вида соединения, состояния насаждений, сорта винограда. Приведенные данные свидетельствуют о том, что при недостатке доступного растению железа и связанном с этим хлорозом в листьях винограда происходят различные изменения, являющиеся следствием нарушений процесса фотосинтеза, в первую очередь – синтеза 5-АЛК. Применение Fe-содержащих соединений на ранней стадии проявления болезни и в соответствующие фазы вегетации нормализует обмен веществ и улучшает продуктивность растений и их долговечность.

#### **ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА АЛЬБИТ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ИУК И ЭПИНА НА УРОЖАЙНОСТЬ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ**

##### **Effect of Albit and growth regulators IAA and epin on the productivity of leguminous plants**

**О.Г. Волобуева**

Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева,  
г. Москва

E-mail: [ovolobueva@mail.ru](mailto:ovolobueva@mail.ru)

В вегетационных и полевых условиях с растениями гороха сортов Норд и Мультик и с растениями фасоли сортов Шоколадница и Гелиада на фоне инокуляции штаммами клубеньковых бактерий 245а (для гороха) и 700 (для фасоли) изучали влияние биопрепарата Альбит и регуляторов роста ИУК и эпина на рост, раз-

витие, азотфиксирующую активность и урожайность бобовых растений. Установлено протекторное действие биопрепарата Альбит для растений гороха сорта Мультик. Обработка семян растений гороха сорта Мультик биопрепаратом Альбит приводила к увеличению высоты растений, надземной массы, количества и массы клубеньков, нитрогеназной активности и урожайности растений, по сравнению с вариантами, семена которых были обработаны только штаммами клубеньковых бактерий 245а и регуляторами роста ИУК и эпином. Для растений гороха сорта Норд наблюдалась тенденция увеличения нитрогеназной активности и урожайности растений, семена которых были обработаны биопрепаратом Альбит. У растений фасоли наибольшей отзывчивостью на действие биопрепарата и регуляторов роста характеризовался сорт Гелиада. Под влиянием биопрепарата Альбит и регуляторов роста ИУК и эпина происходило увеличение высоты и надземной массы этих растений. Однако увеличение массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков, азотфиксирующей активности растений фасоли сорта Гелиада наблюдалось под влиянием биопрепарата Альбит. В полевых условиях для растений гороха сорта Мультик и растений фасоли сорта Гелиада показано протекторное действие биопрепарата Альбит. Под его влиянием происходило увеличение урожайности растений гороха сорта Мультик на 17 % и растений фасоли сорта Гелиада на 20 % (по сравнению с контролем).

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТРОДУКЦИИ  
И ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ  
В УСЛОВИЯХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ  
(на примере шалфея лекарственного)**

**Physiological bases of introduction and yield increase  
of *salvia medicinale* in Kaliningrad region**

**И.Н. Волошина, Е.С. Роньжина, Ю.Н. Рогачева**  
Калининградский государственный технический университет, г. Калининград  
E-mail: [ron-box@mail.ru](mailto:ron-box@mail.ru)

Шалфей лекарственный – источник ценного лекарственного сырья. Хотя считается, что он произрастает в Калининградской области в дикорастущем виде, проведенные нами многолетние флористические наблюдения позволяют заключить, что в настоящее время в дикорастущем виде на территории региона он, по видимому, уже не встречается. Это в сочетании с большой лекар-

ственной ценностью растения вызывает необходимость интродукции шалфея, его введения в культуру и возделывания в агроценозах на строго научной основе.

Цель данной работы – разработка эффективных приемов интродукции шалфея в сочетании с повышением его продуктивности в агроценозах в почвенно-климатических условиях Калининградской области. В ее задачи входило: 1) изучение и внедрение экологически безопасной, экономически эффективной и доступной технологии выращивания зверобоя; 2) анализ онтогенетической динамики роста и развития шалфея; 3) диагностика устойчивости растений шалфея к неблагоприятным факторам и патогенам в онтогенезе; 4) исследование влияния предпосевной обработки семян на рост, развитие и формирование урожая (биомассу и содержание эфирных масел в лекарственном сырье) шалфея.

Использованная нами экологически безопасная и экономически эффективная технология предусматривала выращивание шалфея без применения удобрений при минимальном использовании пестицидов (однократно перед посевом применяли только раундап). Для лучшей адаптации растений, повышения их устойчивости к неблагоприятным факторам и увеличения продуктивности проводили предпосевную обработку семян эпибрассинолидом (1 %-ный раствор, 18 ч), либо применяли эпибрассинолид в сочетании с барботированием. Эти обработки оказали положительное влияние на всхожесть, энергию прорастания семян, а в дальнейшем – на рост, развитие, устойчивость и продуктивность шалфея, причем наиболее эффективным оказалось совместное применение эпибрассинолида и барботирования. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования предпосевной обработки семян брассинолидом при культивировании шалфея лекарственного.

#### **ОБМЕН УГЛЕВОДОВ И ВЫЖИВАНИЕ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ПРОЦЕССЕ ЗИМОВКИ**

##### **Carbohydrate metabolism and survival of wintering wheat plants**

**Т.В. Воронкова, Е.Б. Кириченко**

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, г. Москва

E-mail: [evkir@list.ru](mailto:evkir@list.ru)

Исследования особенностей углеводного обмена в зимующих растениях хлебных злаков были начаты еще в середине минувшего века. Уже на раннем этапе развития данного направления работ была установлена важнейшая физиологическая роль углево-

дов в процессах осеннего закаливания и формирования высокой морозоустойчивости растений. Эту функцию углеводы выполняют благодаря их осмотическим свойствам и участию в энергообеспечении метаболизма и реализации защитных реакций организма в ответ на действие многих неблагоприятных факторов осенне-зимне-весеннего периода.

Для адекватной трактовки роли углеводов в подготовке растений к вступлению в зимовку и их выживанию под снежным покровом в современной экологической ситуации, характерной для центральных областей Европейской части России, требуются дальнейшие углубленные исследования. Этому благоприятствуют новые методические и инструментальные достижения. Таким образом, современные представления по данной проблеме должны быть интегрированы и приведены в соответствие со всеми новейшими знаниями об устойчивости и адаптации озимых злаков к абиотическим и биотическим стрессовым факторам.

Мы изучили динамику содержания неструктурных углеводов в узлах кущения и листьях озимой пшеницы в полевых условиях четырех зимних периодов (2003-2004, 2004-2005, 2005-2006 и 2006-2007 гг.). Объектами исследований являлись отличающиеся по степени зимостойкости сорта Альбидум 114, Мироновская 808, Заря и линия ГБС 4-97.

Ежемесячно с ноября по март определяли содержание и соотношения фракций моносахаров, дисахаров, водорастворимых полисахаридов и гемицеллюлозы.

Выявлено, что запасные углеводы накапливались в узлах кущения и листьях всех опытных сортов до установления устойчивого снежного покрова. В момент вступления в зимовку сумма анализировавшихся углеводов составляла в узлах кущения около 50, а в листьях – около 40 % от сухой биомассы органов. При этом в обоих органах всех сортов около половины углеводного пула составляла гемицеллюлоза. Такое преобладание гемицеллюлозы в фонде углеводов поддерживалось до конца февраля, когда ее доля возрастала до уровня 65% от суммы запасных углеводов листьев и узлов кущения изученных сортов.

Различия сортов проявились в период продолжительной оттепели (в течение января 2006 г.), сопровождавшейся почти полным стаиванием снега: в листьях Альбидума 114 и Мироновской 808 в этих условиях содержание углеводов возросло примерно на 25 %.

Наиболее неблагоприятным фактором зимовки хлебных злаков в нынешней экологической ситуации является выпревание растений. В марте 2006 г. сформировался снежный покров толщиной более 70 см. В условиях гипоксии при высокой влажности поверхностного слоя почвы происходил лизис надземной части

растений, завершившийся полной гибелью их листового аппарата и отмиранием значительной части посева. У сохранившихся растений доля гемицеллюлозы в углеводном пуле узлов кущения составляла более 75 %. Прямая оценка в момент возобновления вегетации показала, что у сортов Альбидум 114 и Мироновская 808 выжило 34-36 % растений, а у Зари и линии ГБС 4-97 – примерно 10 % растений.

Результаты зимовки предопределяют эффективность реализации продукционного процесса и качество урожая. Поэтому мы констатируем, что задача повышения устойчивости озимых и многолетних растений к выпреванию (снежной плесени) приобрела исключительную актуальность. Особый интерес представляет выяснение роли углеводного обмена в преодолении растением стрессовых состояний, вызванных одновременным действием абиотических и биотических неблагоприятных факторов зимовки.

#### ИЗМЕНЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ЗЕМЛЯНИКИ *IN VIVO* ВСЛЕДСТВИЕ МОДИФИКАЦИЙ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД ПРИ МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ *IN VITRO*

##### Alteration of the strawberry plants productivity *in vivo* after *in vitro* cultures treatment during the last stages of micropropagation

В.А. Высоцкий, Л.В. Алексеенко, О.Н. Высоцкая<sup>1</sup>

Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства  
и питомниководства, г. Москва

<sup>1</sup> Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, г. Москва  
E-mail: cryoclone@ippras.ru

Изучали возможность влияния условий выращивания *in vitro* на последующее проявление *in vivo* хозяйственно ценных признаков у растений земляники. Известно, что при размножении растений с использованием методов клонального микроразмножения возможно появление фенотипических и генотипических изменений. Существуют данные о том, что условия культивирования растительного материала *in vitro* способны повлиять на работу нативных генов, причем эти изменения сохраняются относительно длительный период. В частности, показано, что рост, развитие, габитус, вегетативная и генеративная продуктивность растений земляники *in vivo* зависят от состава питательной среды и условий культивирования *in vitro*.

Объектом исследования были размноженные *in vitro* растения земляники сорта Роксана из коллекции Института физиологии



растений. Экспланты из опытной группы культивировали на питательных средах, содержащих повышенную концентрацию сахарозы (до 10 %) с последующей выдержкой до 60 суток при температуре 1-10 °С в темноте. Растения из контрольной группы не проходили такой обработки. Опытные и контрольные микрорастения после адаптации были высажены в зимнюю теплицу, а затем в полевые условия для последующего изучения.

В первый год наблюдений растения опытной группы земляники зацвели на семь-десять дней раньше, чем контрольные. Цветение наблюдали, когда растения находились еще в зимней теплице. В полевых условиях в первый год вегетации среди опытных экземпляров количество растений, образовавших цветоносы, было в два раза больше (62.5 %), чем в контроле (30.0 %). Во второй год наблюдений растения опытной группы существенно превосходили контрольные как по количеству цветоносов, так и по числу генеративных образований на растение.

Наблюдения за вегетативной продуктивностью опытных и контрольных растений показали, что в первый сезон в начале вегетации растения из разных групп существенно не различались по количеству листьев и усов, однако в среднем в контрольной группе образование усов шло более активно. Во второй половине вегетационного сезона опытные растения существенно превосходили контрольные по количеству листьев, усов и розеток.

Опытные экземпляры сохранили преимущество в росте и на следующий год, они были визуально крупнее контрольных и несли большее количество листьев. Различия по числу розеток оказались несущественными, хотя опытные растения образовали их больше.

Таким образом, показана возможность влияния на вегетативную и генеративную продуктивность растений земляники после культуры *in vitro*. Обработка микрорастений пониженными температурами на средах с повышенным содержанием сахарозы стимулировала более раннее цветение и усиленное формирование розеток в первый сезон вегетации, а на второй год приводила к увеличению числа цветоносов и генеративных образований в расчете на одно растение.

В другой группе экспериментов в качестве регуляторного фактора был использован паклбутразол, вводимый в питательные среды на последних этапах клонального микроразмножения. Для обработки использовали культивируемые *in vitro* микрорастения сортов Покахонтас и Зенга Тигайга. После адаптации к нестерильным условиям подвергнутые обработке и контрольные растения были высажены в поле. Как показали полученные данные, сорта земляники по-разному реагировали на присутствие в

питательных средах паклобутразола. Выявлено, что растения сорта Покахонтас, подвергнутые на этапе *in vitro* воздействию этого препарата, формировали существенно больше генеративных образований в сравнении с контролем. Генеративная продуктивность растений сорта Зенга Тигайга оставалась практически без изменений. В отличие от обработок повышенными концентрациями сахарозы и пониженными температурами паклобутразол практически не оказал влияния на вегетативную продуктивность.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА «a» НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛИСТА

##### Determination of chlorophyll «a» content in leaf blade using the analysis of its digital image

Н.А. Гаевский, П.С. Кочетов

Институт естественных и гуманитарных наук  
Сибирского федерального университета, г. Красноярск  
E-mail: [gna@lan.krasu.ru](mailto:gna@lan.krasu.ru)

Концентрация хлорофилла «a» – один из ключевых показателей фотосинтетического аппарата, используемых в физиологии и экологии растений. Количественное определение форм хлорофилла проводят на основе спектрофотометрического или хроматографического анализа после получения экстракта в процессе умерщвления листа или всего растения. Процедура определения содержания хлорофилла «a» на основе регистрации флуоресценции с поверхности листовой пластинки не повреждает растение, но может оказаться недостаточно оперативной при массовом анализе. В своем исследовании мы поставили цель привлечь внимание исследователей к возможности определения концентрации хлорофилла «a» на основе цифрового изображения листа.

В качестве объектов исследования были выбраны листья различных ярусов у растений соя (*Glucine* sp.), выращенных в условиях водной культуры, а также листья видов травянистых (*Fragaria vesca* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Trifolium repens* L.), кустарниковых (*Caragana* sp., *Cerasus fruticosa* Pall., *Grossularia* sp., *Rosa acicularis* Lindl., *Rubus idaeus* L.) и древесных (*Betula pendula* Roth, *Sorbus sibirica* Hedl.) растений из их естественных мест обитаний. Изображения получали с помощью цифровой фотокамеры Lumix-2.0 MEGA с разрешением 1600×1200 при естественном освещении без использования фотовспышки. При фотографировании в кадре кроме листьев находились образцы белого (окись магния) и черного (сажа) цвета заданной площади. Обработку и анализ полученно-

го изображения проводили с помощью опций программы ImageJ 1,35r for Windows. Первым шагом была автоматическая коррекция цветов, после которой черный и белый эталоны определялись значениями 0 и 255 соответственно. Далее одни и те же участки листьев диаметром 0.5 см были использованы для анализа изображения и определения концентрации хлорофилла «а» в спиртовом экстракте спектрофотометрическим методом. У растений сои в зависимости от физиологического состояния листа концентрация хлорофилла «а» изменялась от 1.1 до 24.5 мкг/см<sup>2</sup>, а цветовой показатель – от 133 до 21 условных единиц. В листьях растений различных видов пределы изменения этих показателей составили соответственно 1.1 и 39 мкг хл. а/см<sup>2</sup>, 131 и 20 условных единиц. В пределах анализируемой зоны листа распределение величин цветковых индексов было близко к нормальному. Коэффициент вариации изменялся от 2.5 до 26 % (среднее значение – 13 %). Регрессионные зависимости между цветковым показателем (ci) и концентрацией хлорофилла «а» (C) имели линейный вид:  $C = -0.22 + 26.6 (ci)$ ,  $R^2 = 0.88$  у листьев растений сои и  $C = -0.31 + 37.9 (ci)$ ,  $R^2 = 0.63$  у листьев различных видов травянистых, кустарниковых и древесных растений. В последнем случае связь цветкового показателя и концентрации хлорофилла «а» была заметно ниже. По-видимому, это объясняется варьированием у листьев различных видов таких признаков, как толщина листа, отражательная способность, микрорельеф, способных повлиять на цветковые характеристики листовой пластинки. Присутствие на снимке объектов черного и белого цветов с известной площадью позволяет рассчитать площадь «виртуальной» высечки листа, для которой определяли средний цветовой индекс, а также площади всего листа или его частей у пестролистных форм.

Представленные результаты показывают перспективность использования цифрового прижизненного изображения листа для определения интегральной или дифференцированной по зонам концентрации хлорофилла «а». По-видимому, точность анализа концентрации хлорофилла должна возрасти, если регрессионное уравнение будет получено для одного вида, или совокупности видов, у которых вышеуказанные характеристики листовых пластинок были близкими. Данный методический прием позволяет контролировать концентрацию хлорофилла «а» в процессе биогенеза листа или в ходе адаптации растений к действию экологических факторов.

**ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗ КЛУБЕНЬКОВ ГОРОХА БАКТЕРИЙ,  
ПОДАВЛЯЮЩИХ КОРНЕВЫЕ ГНИЛИ И СТИМУЛИРУЮЩИХ РОСТ РАСТЕНИЙ****Isolation from pea nodules bacteria suppressing root rots  
and promoting pea plants growth**

С.Р. Гарипова<sup>1</sup>, Д.В. Шавалеева, Н.В. Иванчина, Р.М. Хайруллин  
Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа  
E-mail: [khram@ufanet.ru](mailto:khram@ufanet.ru)

<sup>1</sup> Башкирский государственный университет, г. Уфа  
E-mail: [geobotanika@rambler.ru](mailto:geobotanika@rambler.ru)

Изучение механизмов функционирования бобово-ризобиального симбиоза и возможностей повышения его эффективности является важной научной и практической проблемой. Ее решению может способствовать не только селекция эффективных пар клубеньковых бактерий и отзывчивых на симбиоз с ними сортов и линий бобовых растений, но и создание растительно-ризобиальных сообществ, включающих и другие виды микроорганизмов. Так, известны удачные комбинации двойной и тройной инокуляции растений ризобиями и различными ризосферными бактериями и эндофитными микоризными грибами. При этом положительный синергетический эффект достигается за счет улучшения минерального питания растений, продукции микробными компонентами сидерофоров, фитогормонов, антибиотиков против фитопатогенов, индукции системных механизмов устойчивости растений.

Создание микробных препаратов возможно двумя путями. Первый включает исследование известных коллекционных штаммов бактерий. Другой подход состоит в выделении из природных ассоциаций микроорганизмов с заданными свойствами. Цель нашей работы заключалась в изучении способности спонтанных ассоциаций бактерий, выделенных из клубеньков растений гороха, подавлять развитие возбудителей корневых гнилей, проявляя рост-стимулирующую активность.

На производственных посевах гороха сортов Орлус и Чишминский-95 были отобраны лучшие экземпляры растений для выделения клубеньковых бактерий и их спутников. Крупные розовые клубеньки тщательно промывали водой, погружали на 2 мин. в спирт, обжигали в пламени спиртовки 5 секунд и помещали в 0.2 мл стерильной воды в асептических условиях в лунки репликатора. Суспензии раздавленных клубеньков наносили репликатором на агаризованную бобовую среду в чашках Петри, на которые был предварительно проведен посев суспензий коллекционных штаммов фитопатогенных грибов *Fusarium oxysporum* sp. или

*Bipolaris sorokiniana*. Зоны подавления роста гриба вокруг выросших колоний изолятов оценивали на третьи-седьмые сутки.

Исследовано 210 изолятов клубеньков гороха. Эффект подавления роста гриба *Fusarium oxysporum in vitro* показали 18 ассоциаций клубеньков гороха. По отношению к *Bipolaris sorokiniana* такой эффект проявляли 34 изолята.

В качестве тест-растений для проверки ростстимулирующей активности изолятов клубеньков использовали рапс. Суспензии содержимого клубеньков разводили в 10 мл стерильной водопроводной воды. Семена замачивали в этом растворе в течение суток, в контроле семена замачивали только в стерильной водопроводной воде. Затем их аккуратно раскладывали на фильтровальную бумагу в чашки Петри. Через двое суток инкубации при комнатной температуре измеряли длину корня проростков. Из изученных изолятов 32 % проявляли неспецифический ростстимулирующий эффект на проростках рапса.

Отобранные изоляты ассоциаций из клубеньков гороха представляют собой первичный материал для выделения хозяйственно полезных видов микроорганизмов в целях использования в биопрепаратах, повышающих продуктивность растений гороха и их устойчивость к корневым гнилям.

#### ФОТОСИНТЕЗ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ЧАСТИЧНОМ УДАЛЕНИИ ПЛОДОВЫХ ОРГАНОВ

##### Photosynthesis of cotton after partial removing of generative organs

Б.Б. Гиясидинов, М.Д. Бободжанова, Х.А. Абдуллаев, Х.Х. Каримов  
Институт физиологии растений и генетики Академии наук  
Республики Таджикистан, г. Душанбе  
E-mail: [asrtkarimov@mail.ru](mailto:asrtkarimov@mail.ru)

Повышение продуктивности растений во многом связано с оптимизацией донорно-акцепторных отношений, со спецификой образования ассимилятов, их распределения и использования для формирования хозяйственно-ценной части урожая. Поэтому изучение взаимоотношения ассимилирующих и потребляющих органов имеет важное значение для разработки методов повышения продуктивности растений. Одним из подходов для изучения данного вопроса является использование физиологических приемов искусственного моделирования плодоношения путем удаления части потребляющих ассимиляты плодовых органов.

Цель данной работы – изучить интенсивность фотосинтеза у

различных генотипов *Gossypium hirsutum* L. при искусственном регулировании плодоношения. Объектом исследования служили инбредные линии средневолокнистого хлопчатника, контрастные по фотосинтетическим и хозяйственно-ценным признакам. Опыты проводились на экспериментальном участке Института физиологии растений и генетики Академии наук Республики Таджикистан (г. Душанбе). Делянки в опытах трехрядковые, десятилуночные. Схема посева 60×30×1, повторность опыта трехкратная, рандомизированная. По краям делянок высевался хлопчатник в качестве защитных рядков. Агротехника выращивания хлопчатника соответствовала агроуказаниям МСХ РТ по возделыванию хлопчатника в Таджикистане. В фазе массового плодоношения (вторая половина августа), после формирования и набора достаточного количества полноценных коробочек на кусте хлопчатника, в опытных вариантах частично удаляли плодозащитные элементы (бутоны, цветки, завязи и коробочки) и на растениях оставляли лишь по три и шесть коробочек. По мере появления новых бутонов, их удаляли (через каждые три-четыре дня). Газометрический анализ интенсивности видимого фотосинтеза листьев у различных генотипов хлопчатника при частичном удалении плодовых органов показал, что в фазе плодоношения наблюдается значительное снижение интенсивности процесса у низкорослых и карликовых генотипов хлопчатника с детерминантным ростом.

У высокорослых генотипов хлопчатника при удалении части плодовых органов, наоборот, интенсивность фотосинтеза возрастает. В докладе обсуждаются вопросы взаимосвязи процессов фотосинтеза, роста и донорно-акцепторных отношений у разных генотипов хлопчатника.

#### КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В АГРОФИТОЦЕНОЗАХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

##### The competitiveness of spring wheat cultivars in the agrophytocenoses of Irkutsk region

А.К. Глянько, Ш.К. Хуснидинов<sup>1</sup>, Т.Г. Кудрявцева<sup>1</sup>, Г.Г. Васильева  
Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск  
E-mail: [ustaft@sifibr.irk.ru](mailto:ustaft@sifibr.irk.ru)

<sup>1</sup> Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, г. Иркутск

Культурные растения могут успешно противостоять сорным растениям, если обладают высокой степенью конкурентоспособности. Свойство конкурентоспособности – одна из трех жизненных

стратегий растений в соответствии с классификацией Раменского-Grime: конкуренты (C), стресс-толеранты (S), рудералы (R). В чистом виде эти типы стратегий, как правило, не встречаются. Чаще всего присутствуют растения со смешанными типами стратегий. Культурные растения в значительной степени утратили свойства конкурентоспособности (C-стратегия) и стресс-толерантности (S-стратегия) и могут характеризоваться как растения-рудералы (R-стратегия), важнейшей особенностью которых является способность быстро реагировать на улучшение условий среды путем усиления роста, развития и повышения продуктивности. Сорта яровой пшеницы, возделываемые в Иркутской области обычно обладают высокой потенциальной продуктивностью (50-70 ц/га). Однако реализуемый потенциал урожайности этих сортов низкий (10-20 ц/га). Одной из причин этого может быть низкая конкурентная способность сортов яровой пшеницы по отношению к сорным растениям. Нами была предпринята попытка в полевых условиях оценить способность четырех сортов яровой пшеницы противостоять сорным растениям, т.е. определить степень их конкурентоспособности.

Для исследований были взяты сорта яровой пшеницы: Ангара, Студенческая, Тулун 15, Тулунская 12. Опыт проводили на окультуренной светло-серой лесной почве. Площадь опытной делянки 1 м<sup>2</sup>. Повторность – четырехкратная. Определяли конкурентоспособность сортов: общую ( $K_1$ ), продуктивную ( $K_2$ ) и конкурентоспособность сорных растений ( $K_3$ ). Их коэффициенты определяли по формулам (Glyanko et al., 2006).

Сухая масса сорных растений в агрофитоценозах с яровой пшеницей (к моменту уборки урожая) равнялась 15, 25, 51 и 116 г/м<sup>2</sup> соответственно у сортов Тулунская 12, Тулун 15, Студенческая и Ангара. Таким образом, наиболее сильно подавлялся рост сорных растений в агрофитоценозах с яровой пшеницей Тулун 15 и Тулунская 12. Этот вывод подтверждается и при определении коэффициента конкурентоспособности сорных растений ( $K_3$ ). Наибольшее значение данный показатель имел в агрофитоценозе с яровой пшеницей сорта Ангара (0.62), далее следуют варианты с сортами Студенческая (0.27), Тулун 15 (0.13) и Тулунская 12 (0.08). Следовательно, наибольшая конкурентоспособность сорных растений наблюдалась в агрофитоценозе с сортом Ангара и наименьшая – с Тулунская 12.

Присутствие сорных растений в агрофитоценозах с яровой пшеницей снижает общую и зерновую продуктивность у всех сортов, но в разной степени. Наибольшее сокращение общей продуктивности под влиянием сорных растений наблюдалось у сорта Тулунская 12 (на 22.5 ц/га), наименьшее – у сорта Студенческая (на

5 ц/га). Зерновая продуктивность под влиянием сорняков сильнее уменьшилась у сортов Тулунская 12 (на 3.3 ц/га) и Студенческая (на 3.2 ц/га). У сортов Ангара и Тулун 15 снижение зерновой продуктивности составило 2.4-2.5 ц/га. Наименьшая величина коэффициентов конкурентоспособности ( $K_1$  и  $K_2$ ) у сортов Тулунская 12 (0.87 и 0.92) и Ангара (0.89 и 0.93); наибольшая – у Тулун 15 (0.97 и 0.94). Незначительно от последнего отличается сорт Студенческая – 0.95 и 0.93 соответственно. Таким образом, наблюдается, с одной стороны, высокая чувствительность сорных растений к растениям пшеницы сорта Тулунская 12 (что выразилось в незначительной величине коэффициента  $K_3$  (0.08) и, с другой – высокая чувствительность пшеницы этого сорта к сорным растениям ( $K_1 = 0.87$ ,  $K_2 = 0.92$ ). В противоположность этому сорные растения меньше реагируют на растения сорта Ангара, что выразилось в высоком значении коэффициента  $K_3$  (0.62) и низком (по отношению к другим сортам) значении  $K_1$  и  $K_2$  (0.89 и 0.93). Следовательно, снижение продуктивности яровой пшеницы сорта Ангара обусловлено, по-видимому, отрицательным влиянием сорных растений, т.е. межвидовой конкуренцией за источники существования. В случае сорта Тулунская 12 значительную роль, вероятно, может играть и внутривидовая конкуренция, связанная с плотностью растений пшеницы на единице площади.

Таким образом, изученные сорта пшеницы обладают разной степенью конкурентоспособности, равно как и сорные растения по отношению к сортам пшеницы. Это свойство, вероятно, зависит как от межвидовой, так и внутривидовой конкуренции между растениями за источники существования.

#### **ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ И АЗОТФИКСИРУЮЩАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НОВЫХ СКОРОСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ**

##### **Photosynthetic and nitrogen fixation activities of new precece soybean varieties (*Glycin max* L. Merr)**

**Е.В. Головина**

Всероссийский научно-исследовательский институт  
зернобобовых и крупяных культур РАСХН, г. Орел  
E-mail: [office@vniizbk.orel.ru](mailto:office@vniizbk.orel.ru)

Цель работы – изучение фотосинтетических процессов и симбиотической азотфиксации у новых скороспелых сортов сои и их влияние на продуктивность растений.

В вегетационном опыте в 2005-2006 гг. проанализировано пять



сортов сои Белор, БММ 1/90, Ланцетная, Л-02 и Магева по следующим вариантам: без инокуляции с влагообеспеченностью 50 и 70 % (контроль) ПВ, с инокуляцией при влагообеспеченности 50 и 70 % ПВ.

В вегетационном опыте такие показатели фотосинтетической деятельности растений, как площадь листьев, урожай сырой и сухой биомассы, фотосинтетический потенциал (ФП) в варианте с инокуляцией и влагообеспеченностью 70 % ПВ превышали остальные варианты по всем сортам. Максимальные значения ФП, площади листьев и урожая сухой биомассы у БММ 1/90 – 0.6 м<sup>2</sup>сут./растение, 800.6 см<sup>2</sup>/растение и 11.1 г/растение соответственно (фаза налив бобов), что в 1.5 и более раз выше, чем у других сортов. БММ 1/90 образует большее количество боковых побегов и обладает более длинным стеблем (до 85 см), что позволяет сформировать максимальную ассимиляционную поверхность. Амплитуда колебания значений чистой продуктивности (ЧПФ) у сортов по вариантам довольно широкая. Так, у сорта Магева в период формирования бобов – налив бобов ЧПФ изменялась от 0.1 г/м<sup>2</sup>сут. в варианте без инокуляции 50 % ПВ до 5.8 г/м<sup>2</sup>сут. в варианте с инокуляцией 50 % ПВ. У сорта БММ 1/90 в этот же период ЧПФ в вариантах с инокуляцией 50 % ПВ и с инокуляцией 70 % ПВ составила – 5.3 г/м<sup>2</sup>сут, а в варианте без инокуляции 70 % ПВ минимальной – 0.6 г/м<sup>2</sup>сут.

Инокуляция семян ризобиями позволяет поднять урожай зеленой массы в условиях пониженной влажности (50 % ПВ) по сравнению с контролем (вариант без инокуляции с влажностью 70 %) у всех сортов кроме Ланцетной, наиболее требовательной к водному режиму. Однако если сравнивать варианты с пониженной влажностью с инокуляцией и без нее, то урожайность сухой массы у Ланцетной в варианте с инокуляцией выше на 116.9 %.

В фазу ветвления активность нитрогеназы была наиболее высокой у всех сортов и особенно у БММ 1/90 – 127.3 мкг N/раст./час в варианте с инокуляцией 70 % ПВ. В фазу плодообразования активность нитрогеназы у сортов Ланцетная, БММ 1/90 и Белор в варианте с инокуляцией 70 % ПВ превышала остальные показатели в два-пять раз. Максимальное значение в этот период у Ланцетной – 76.4 мкг N/раст./час. Сочетание высоких значений нитрогеназной активности и фотосинтетического потенциала способствовало формированию высокого урожая зерна в варианте с инокуляцией и влажностью 70 % ПВ: Белор – 4.4 г/раст., Ланцетная – 4.5 г/раст., БММ 1/90 – 5.7 г/раст.

При инокуляции сортов одним и тем же штаммом в идентичных условиях произрастания растений образуется различное количество клубеньков, отличающихся по величине и массе. Коли-

чество клубеньков у всех сортов выше в варианте с инокуляцией и влагообеспеченностью 70 % ПВ, чем в контроле. Наибольшее количество клубеньков у БММ 1/90 в фазу налив бобов в варианте с инокуляцией 70 % ПВ – 45.3 шт./растение. Меньше всего клубеньков в этом варианте у Магева – 14.3 шт./раст. Максимальная масса клубеньков в фазу налив бобов на растение у сорта БММ 1/90 в варианте с инокуляцией и влагообеспеченностью 70 % ПВ – 2380 мг, наименьшая – в этих же вариантах у сорта Л-02 (980 мг) и Магева (990 мг). Количество и масса клубеньков растет до фазы налив бобов.

Нами выявлена высокая корреляция между фотосинтетическим потенциалом и урожайностью семян (коэффициент корреляции выше 0.9, при  $r_{05} = 0.8911$  у всех сортов кроме Магева ( $r = 0.2121$ )). Высокая зависимость отмечена между фотосинтетическим потенциалом и урожайностью сухого вещества  $r = 0.995$ . Корреляция между урожайностью сухого вещества и площадью листьев у всех сортов, кроме Магева, положительна и достоверна, что объясняется ультраскороспелостью и короткостебельностью этого сорта. У сортов, сформировавших высокий урожай зерна (БММ 1/90, Белор, Ланцетная), отмечена положительная достоверная корреляция между урожайностью, показателями фотосинтетической и симбиотической деятельности. У сорта БММ 1/90, превысившего остальные сорта по урожаю зеленой массы, наблюдается высокая корреляция между урожайностью сухого вещества и фотосинтетическим потенциалом, площадью листьев, массой и количеством клубеньков, активностью нитрогеназы.

Под влиянием инокуляции происходит рост урожая зерна и зеленой биомассы, который значительно повышается при оптимальной влажности. В этих условиях наибольшая продуктивность выявлена у сортов БММ 1/90 и Белор, наименьшая – у Магева. Однако этот сорт не проявляет отрицательной реакции на снижение влагообеспеченности до 50 %. Так, урожай зерна в вариантах с инокуляцией при снижении влажности у Магева уменьшается лишь на 8.0 %, а у остальных сортов – на 120-144 %. Белор резко снижает урожайность зеленой массы при уменьшении влажности до 50 % ПВ.

При сочетании высокой положительной корреляции между урожайностью и фотосинтетическим потенциалом, урожайностью и количеством и массой клубеньков, урожайностью и нитрогеназной активностью выявлено увеличение урожая зерна и зеленой массы.

**МОРФОСТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АТТРАКЦИИ  
У РАСТЕНИЙ В РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ****Morphological structure and functioning of plant attraction system  
in plants under different environments****Э.А. Гончарова**

Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства  
им. Н.И. Вавилова, г. Санкт-Петербург  
E-mail: e.goncharova@vir.nw.ru

Аттракция (от латинского *tractio*, т.е. притяжение) – важнейшее свойство растений активно насыщать пластические вещества к центрам ростовых процессов, в том числе к растущим (после оплодотворения яйцеклетки) семенам и плодам. Именно от этого уровня зависит такой хозяйственно важный для культивируемых растений признак, как крупность (биомасса) созревшего плода (у сочноплодных) или зерна (у колосовых злаков и других зерновых растений). Общая биомасса (урожай) генеративных органов определяется их аттрактивной емкостью, которая детерминируется физиолого-генетическими системами, в первую очередь, как мы полагаем, донорно-акцепторной, определяющими элементами которой являются аттракция и микрораспределение пластики (внутри колоса у злаков).

Нами экспериментально показано, что при образовании плодов между ними и вегетативными органами (в частности, листьями) устанавливаются специфические донорно-акцепторные взаимодействия, проявляющиеся в особенностях транспорта воды и других веществ к разным плодам и листьям, в различиях физиолого-биохимических параметров (фотоассимилирующего аппарата, водного режима, гормонально баланса и др.) у плодов и удаленных от них листьев. Такие взаимодействия (особенно степень аттракции генеративных органов) не только определяют формирование уровня продуктивности растений в оптимальных и в экстремальных условиях их вегетации, но и играют существенную роль в устойчивости растений к стрессам.

Применение радиоизотопных (ТНО,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ) и биофизических методов позволило установить, что в системе плодоносящего растения транспорт веществ осуществляется по пути: корень – стебель – лист – плод; барьерную (но функционально значимую) роль перед плодом на этом пути выполняют наиболее близко расположенные к нему «питающие» листья. Полученные данные в опытах с тритиевой водой (ТНО) подтверждают высказанное нами предположение, что в плодах кабачка водообмен осуществляется по

пути движения воды: плодонос – сосуды кожицы – мезокарпий – плацента – семена – плацента – мезокарпий – кожица. Причем завершающий этап (от семян) осуществляется, очевидно, путем транспирации. Этот путь функционирует как в период созревания семян, так и после их созревания, и именно по нему, видимо, осуществляется значительная потеря воды созревающими семенами внутри сочного плода. В оптимальных условиях вегетации интенсивность потоков воды и других веществ к метаболически активным органам значительно выше, чем к утратившим свою активность (например, к старым листьям, закончившим рост плодов, дефектным семенам).

Степень аттракции и ее функционирование служат основополагающими критериями продуктивности растений в разных экологических средах. Так, после созревания растений (на примере пшеницы) проведен детальный структурный анализ урожая и по разработанным алгоритмам рассчитаны показатели аттрактивности и микрораспределения запасующих веществ в колосе на основе соотношений (по биомассе): колос (целиком), стебель (без колоса). Аттрактивная активность растений может лимитироваться как общим пулом пригодных к транспортировке в центры аттракции ассимилятов (свежеобразованных в ходе фотосинтеза и ранних запасенных в вегетативных органах), так и скоростью их транспортировки из мест локализации их источников к центрам аттракции. Расчеты показали, что при повышении температуры в общем потоке аттрагируемых зерном ассимилятов возрастает доля отложенных ранее в запас в стебле и других органах растения пластических веществ; возможно, реутилизация старых запасов интенсифицируется в этих условиях.

При разных дозах минеральных удобрений, расчетные показатели аттрактивности и микрораспределения пластики в колосе пшеницы и ячменя выявили заметное усиление поступления пластических веществ в формирующиеся зерновки при повышении уровня минерального питания растений. Так, число завязавшихся в колосе зерновок заметно возрастало, причем на удобренном фоне не только увеличивалось число озерненных колосков в колосе, но и повышалось среднее число формирующихся в этих колосках зерновок. Существенно в этих условиях усиливалась аттрактивная способность формирующихся зерновок, что подтверждают изменения и показатели аттрактивности колоса и микрораспределения в колосе поступающих туда пластических веществ и крупности сформировавшихся зерен.

Следовательно, повышение уровня минерального питания растений (в оптимальных границах) интенсифицирует процессы поступления пластических веществ в растущие генеративные орга-

ны и формирующиеся зерновки. Активность этих процессов (степень аттракции) существенно зависит от условий термо- и гидро-регуляции роста и налива зерна у колосовых злаков.

### ОТЗЫВЧИВОСТЬ ЗЕРНОВЫХ ЗЛАКОВ НА ПОВЫШЕННЫЕ ДОЗЫ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

#### Physiological response of *gramineae* to the increased amounts of mineral fertilizers

Э.А. Гончарова, З.А. Щедрина, А.А. Шелест, Н.В. Почепня  
Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства  
им. Н.И. Вавилова, г. Санкт-Петербург  
E-mail: e.goncharova@vir.nw.ru

Спецификой различных регионов России является типичное давление определенного вида стресса в тот или иной период формирования конкретного элемента продуктивности растений. Однако генетически присущий сорту уровень стресс-устойчивости (высокий или низкий) сохраняется в течение всего онтогенеза, возрастая в его динамике, что следует учитывать при подборе по адаптивности к стрессам родительских форм для гибридизации растений.

Признак высокой отзывчивости (прироста урожая) на увеличение дозы минеральных удобрений, присущее сортам интенсивного типа, является важным свойством современных сортов и становится в настоящее время целенаправленной селекцией у разных культур. По уровню изменчивости урожая при увеличении доз удобрений и судят о степени отзывчивости генотипа на условия минерального питания, о принадлежности его к интенсивному либо к экстенсивному типу. Несмотря на большое количество работ, раскрывающих вопросы минерального питания для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, малоизученной остается проблема взаимоотношения генотип-среда, раскрывающая соотношение комплекса экологических факторов: видов и доз удобрений, водообеспеченности и терморезима.

Проведены эксперименты с набором сортов зерновых культур (пшеница, ячмень) из мировой коллекции растительных ресурсов ВНИИР им. Н.И. Вавилова, которые были подвергнуты воздействию комплекса факторов стрессового и оптимизированного характера. Раскрыта изменчивость важнейших количественных признаков, детерминирующих продуктивность, адаптивный потенциал растений и качество урожая, под влиянием стрессовых факторов (дефицит водного и минерального питания) и оптимизируемых

(полив, оптимальные уровни минерального питания). При этом показана морфобиологическая, возрастная и сортовая специфика характера, а также степень взаимодействия генотип-среда, изучена и дана оценка разным генотипам в онтогенезе на внесение различных доз и видов минеральных удобрений при разных уровнях водообеспеченности. Изучены механизмы функционирования физиолого-генетических систем, детерминирующих признаки адаптивности к экологическим стрессам, аттракции пластических веществ зерновкой и микрораспределения пластики в колосе, в связи с отзывчивостью генотипов на увеличение доз минерального питания. Экспериментально разработана технология, основанная на экспериментальных моделях, включая разработку оптимального комплекса средовых факторов, что может служить основой для создания элементов новых наукоемких селекционных технологий, паспортизации ценных генетических источников и рационального их использования в соответствующих погодноклиматических регионах России.

В благоприятных гидротермических условиях у растений сортов интенсивного типа в большей степени увеличивается крупность зерна, а у сортов экстенсивного типа – число зерен в колосе. Ухудшение условий вегетации повышает удельную аттрагирующую способность зерновки и долю реутилизации ранее образованных ассимилятов и снижает долю фотосинтеза в наливе зерна.

О специфичности реакций растений на минеральное питание могут служить опыты, проведенные в регулируемых условиях на пяти сортах двурядного и четырех сортах шестирядного ячменя, отобранных по эколого-географическому происхождению и ценным биохимическим качествам. Анализ экспериментов показал, что в варианте опыта с «1/2 оптимальной дозы азота» (0.075 г д.в. на 1 кг почвы) у всех генотипов наблюдается резкое повышение, по сравнению с растениями на варианте опыта «без азота», параметров, характеризующих продуктивность растений: «урожай с одного растения», «масса зерен с главного колоса», «масса 1000 зерен»; а также отмечается у растений увеличение продолжительности фаз онтогенеза.

На «оптимальном фоне азотного питания» (0.15 г д.в. на 1 кг почвы) величина изменения параметров продуктивности, при сравнении с вариантом опыта с «1/2 оптимальной дозы азота», была меньше, чем аналогичная разница при сравнении вариантов опыта «1/2 оптимальной дозы азота» и «без азота», а для признака «масса главного стебля» зачастую была отрицательной. У большинства сортов ячменя в присутствии азота наряду с повышением урожая с одного растения чаще отмечалось отсутствие увеличения параметра «масса 1000 зерен», а в некоторых случаях сниже-

ние этого параметра наблюдалось за счет измельчения семян.

Таким образом, многофакторные эксперименты показывают специфическую реакцию различных генотипов зерновых растений в онтогенезе на дозированное минеральное питание, что обуславливает их экологическую и экономическую значимость в практическом использовании.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ  
КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО (*GALEGA ORIENTALIS* LAM.)  
РАЗНОГО ВОЗРАСТА**

**Developmental changes of physiological states  
of *Galega orientalis* Lam.**

Л.А. Гриценко

Российский государственный аграрный университет им. К.А.Тимирязева,  
г. Москва

Многолетние бобовые травы, в частности, козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.), служат источником высокобелковых кормов. Белок сбалансирован по аминокислотному составу и формируется без затрат азотных удобрений за счет симбиотической фиксации азота воздуха. От других многолетних бобовых трав козлятник восточный отличается долговечностью (травостой используют 8-12 лет и более), способностью обеспечивать получение раннего корма весной (можно скашивать одновременно с озимой рожью). Его используют на корм скоту в зеленом виде, для заготовки сена, сенажа, приготовления искусственно высушенных кормов (брикеты, гранулы, резка, травяная мука), а также для силосования с применением химических консервантов. Имея хорошо развитую корневую систему, эта культура улучшает аэрацию почвы и служит хорошим предшественником для последующих полевых культур.

На опытной полевой станции РГАУ-МСХА посеvy козлятника культивируются в течение 24 лет, несмотря на то, что рекомендуемые сроки возделывания этой культуры 12-15 лет. В течение нескольких лет проводится сравнительное изучение физиологического состояния посевов козлятника разного возраста. Для этого используют показатели, позволяющие определить уровень наиболее важных жизненных процессов: рост и развитие, накопление сухой биомассы, содержание воды и водоудерживающую способность растительной ткани.

Летом 2006 г. изучались посевы 23-х и двухлетнего возраста. Сравнение морфологических параметров (длины побегов, длины листьев и междоузлий) показывает, что длина побегов растений 23-го года жизни несколько меньше побегов двухлетних. В то же время учет накопления сухой биомассы на одно растение показал, что более продуктивными являются 23-летние растения, что подтвердилось и по показателям фотосинтетической деятельности (ЧПФ). Длина побега не всегда характеризует продуктивность. Растения компенсируют невысокий рост увеличением площади листьев, за счет чего повышается накопление сухой массы.

Показатели роста и развития характеризовались по кривым ярусной изменчивости длины листьев и междоузлий побегов. Различий по длине листьев в посевах обоих возрастов не выявлено, тогда как по скорости развития 23-летние растения опережают двухлетние, т.е. перегиб кривой на графике длины междоузлий и соответственно переход к репродуктивному развитию у них происходит раньше.

При определении водоудерживающей способности (потери воды за 1.5 часа) выявлены различия у побегов разновозрастных посевов. При одинаковом начальном содержании воды у побегов растений 23-го года жизни водоудерживающая способность выше, следовательно, способность регулировать транспирацию выражена лучше по сравнению с посевами козлятника молодого возраста.

### **ВЛИЯНИЕ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

#### **Hydrogen peroxide impact upon wheat productivity**

**Н.С. Грудина, Л.М. Бацманова, В.З. Улинец, Н.Ю. Таран**  
Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, г. Киев  
E-mail: [tarantul@univ.kiev.ua](mailto:tarantul@univ.kiev.ua)

Поиск экологически безопасных средств защиты растений, которые индуцируют устойчивость за счет активации природных защитных механизмов, в настоящее время стал чрезвычайно актуален, поскольку действие химического и антропогенного факторов превышает порог их адаптации. Сегодня необходимо сосредоточить усилия на разработке технологий управления растительными организмами путем адресного воздействия сигналами химического характера. Высокоэффективное влияние низких концентраций химических веществ можно объяснить их регуляторным действием и рассматривать как сигналы для переключения программы физиологических процессов в организме. Под действием этих



сигналов происходит активация генов. По литературным данным (А.А. Нариманов, О.А. Зауралов), пероксид водорода ( $H_2O_2$ ) стимулирует ростовые процессы, повышает устойчивость к засухе и засоленности почвы, холодоустойчивость теплолюбивых растений. Предыдущие наши исследования показали, что под действием пероксида водорода ( $1 \cdot 10^{-6}$  М) повышалась неспецифическая резистентность растений пшеницы за счет активации антиоксидантных ферментов, которые сдерживали накопление прооксидантов, что в конечном итоге способствовало повышению устойчивости к действию неблагоприятных погодно-климатических факторов. Мы предположили, что данный препарат может оказывать положительное влияние и на формирование урожая озимой пшеницы в условиях Украинского Полесья.

Для эксперимента были отобраны сорта лесостепного (Полеская 29, Столичная, «Копилівчанка», 1670-2001, «Перлина Лісостепу») и степного (Скала) экотипов украинской селекции, которые выращивались на серых лесных легкосуглинистых почвах, агротехническая обработка – общепринятая для зоны. Опытные участки обрабатывались в фазу выхода в трубку  $H_2O_2$  в концентрации  $1 \cdot 10^{-6}$  М, контрольные – дистиллированной водой. Обработку проводили дважды с интервалом в 10 дней. Проведенные исследования показали, что  $H_2O_2$  в концентрации  $1 \cdot 10^{-6}$  М существенно не влиял на такие морфометрические показатели, как длина последнего междоузлия, длина колоса, количество колосков в колосе, количество продуктивных стеблей. Однако формирование массы 1000 зерен в значительной степени было обусловлено обработкой растений пероксидом водорода, поскольку во всех исследуемых сортах значение этого показателя у сортов лесостепного экотипа существенно превосходило у опытных растений по сравнению с контрольными. Так, у сортов 1670-2001 – на 38 %, «Копилівчанка» – 35 %, Полеской 29 и Столичной – на 18 %. Между тем, необходимо заметить, что у сорта Скала, степного экотипа, масса 1000 зерен увеличилась всего на 7 %, что, возможно, связано с тем, что в условиях Украинского Полесья этот сорт проходит быстрее фазы онтогенеза, нежели сорта лесостепного экотипа.

Таким образом, анализ всех вариантов эксперимента показал, что обработка растений озимой пшеницы пероксидом водорода в фазу выхода в трубку способствовала повышению продуктивности растений.

**УГЛЕВОДНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ПЫЛЬНИКОВ ПЕТУНИИ  
ФЕРТИЛЬНОГО И СТЕРИЛЬНОГО КЛОНОВ****Carbohydrate metabolism in developing petunia anthers  
of fertile and sterile clones****А.А. Добровольская, Г.Б. Родионова, Л.В. Ковалева**Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, г. Москва  
E-mail: *dobrovol\_a@mail.ru*

На двух клонах петунии с различной репродуктивной стратегией (фертильной и стерильной) впервые установлено, что реорганизация структурно-функциональных особенностей мужского гаметофита на каждой из последовательных стадий его развития тесно скоординирована с соответствующими метаболическими процессами, протекающими в спорофитных тканях развивающегося пыльника.

При формировании и развитии фертильного мужского гаметофита спорофитные ткани пыльника проходят некоторые структурные и функциональные изменения, связанные с общей дифференциацией пыльника в процессе созревания. Полностью сформированная стенка пыльников петунии состоит из эпидермиса, фиброзного эндотеция, двух-трех средних слоев и секреторного тапетума. У фертильного клона в процессе мейоза материнских клеток микроспор клетки внутреннего из трех средних слоев разрушались, и к моменту образования тетрад микроспор этот слой уже значительно деформирован. На стадии высвобождения микроспор из тетрад содержимое тапетальных клеток в значительной степени дезорганизовалось, и два средних слоя разрушались. На стадии вакуолизированных микроспор тапетум уже частично разрушился. Окончательное разрушение тапетума и средних слоев происходило ко времени образования двуядерной пыльцы.

У стерильного клона уже в профазе мейоза наблюдали дезорганизацию тапетальной ткани, одновременно начинались аномалии в развитии спорогенной ткани. Нарушение нормального функционирования, прогрессирующая вакуолизация протопластов, преждевременная дегенерация и лизис тапетума сопровождалась гибелью микроспороцитов. При полной деструкции тапетума и микроспороцитов в стенке пыльника под эпидермисом хорошо сохранялись эндотеций и средние слои, что, возможно, свидетельствует о том, что донорская функция средних слоев стенки оставалась невостребованной.

На стадии ранних микроспор по выходе из тетрад наблюдали наиболее интенсивный газообмен в пыльниках фертильного клона, что возможно обусловлено интенсивно протекающими морфогенетическими процессами: формированием тканей молодого пыль-

ника и образованием микроспор. Максимальное выделение углекислого газа пыльниками у стерильного клона происходило на стадии материнских клеток микроспор и, очевидно, сопровождало дегенерацию микроспороцитов и тапетума. Снижение уровня газообмена в конце фазы дифференциации пыльцы у фертильного клона связано с процессом дегидратации и подготовкой к стадии глубокого физиологического покоя пыльцевых зерен.

Процесс развития фертильного мужского гаметофита петунии с начала мейоза сопровождался повышением содержания сахаров (сахарозы, глюкозы и фруктозы) и постоянной высокой активностью инвертазы в тканях пыльника. Высокий уровень активности инвертазы во всех тканях пыльника, особенно в тканях, окружающих локулу, сопровождал развитие фертильного мужского гаметофита с начала мейоза вплоть до вскрывания пыльника. В процессе формирования фертильного мужского гаметофита в пыльниках фертильных линий инвертаза выполняет одну из своих основных функций, контролируя донорно-акцепторные отношения в тканях стенки пыльника и способствуя аттракции сахарозы в пыльник.

В пыльниках стерильного клона выявлены нарушения углеводного метаболизма: не обнаружена активность инвертазы на стадии мейоза, приток сахарозы в пыльник снижен и изменено соотношение сахарозы и гексоз в сторону преобладания глюкозы. Снижение притока сахаров в пыльники, возможно, вызвано потерей аттрагирующего центра – микроспороцитов и тапетума. Активность инвертазы выявлялась уже после гибели микроспороцитов и возрастала к моменту дегидратации, созревания и подготовки к вскрыванию стерильных пыльников. Вероятно, в данном случае инвертаза участвует в перераспределении неизрасходованной сахарозы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 03-04-48451 и 06-04-48870).

#### **ВОССТАНОВЛЕНИЕ НИТРАТОВ В НАДЗЕМНЫХ ОРГАНАХ РЕДЬКИ МАСЛИЧНОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ**

**Reduction of nitrate in leaves, stems and pods of *Raphanus sativus* L.  
in dependence on developmental stage**

**Н.В. Дорофеев, А.А. Пешкова, Е.В. Бояркин**

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск  
E-mail: physgen@sifibr.irk.ru

Редька масличная возделывается как кормовая, сидеральная, кулисная и азотсвязывающая культура, а также как растение-фиторемедиант. Эта культура способна поглощать большое количество доступного азота из почвы за короткий период времени.

Процессы поглощения и восстановления нитратного азота редькой масличной практически не исследованы, нами изучалась потенциальная активность нитратредуктазы и роль отдельных органов в редукции нитратов в течение вегетации растений.

Редька масличная – культура с коротким вегетационным периодом и быстрым ростом. Начальный период роста характеризуется невысокой скоростью и увеличением массы растений в основном за счет развития листовой поверхности. С фазы розетки начинается быстрый рост растений в высоту и интенсивное накопление сухого вещества. В фазу бутонизации масса растений складывается из листьев и стеблей примерно равными частями. Снижение облиственности растений (отношение массы листьев к массе всего растения) наблюдали с фазы цветения. Это обусловлено быстрым ростом стеблей. Увеличение биомассы растений происходило за счет роста основного и образования боковых побегов. Доля стебля в общей массе растений достигала максимального значения (около 50%) в фазу цветения. В период образования плодов наибольшую часть от массы всего растения составляли стручки.

Скорость восстановления нитратов в листьях редьки масличной была высокой и снижалась только в последние фазы вегетации. Активность нитратредуктазы в стебле растений возрастала до фазы бутонизации. Снижение потенциальной активности фермента на более поздних стадиях развития (цветение-плодообразование), обусловлено старением тканей органов.

Для оценки участия отдельных частей растения в редукции нитратов необходимо принимать во внимание активность фермента в расчете на массу каждого органа. Листья вносили наибольший вклад в процесс редукции нитратов на протяжении всего периода наблюдений. Доля редукции нитратов в них снижалась с 98 % в фазу розетки до 50 % при плодообразовании, при одновременном увеличении роли стеблей в этом процессе с 2 до 25 %. В последнюю фазу наблюдений около четверти нитратов восстанавливалось в плодах. Вклад корней в редукцию нитратов на всем протяжении наблюдений был небольшим.

Накопления нитратов ни в одном из органов надземной части редьки масличной отмечено не было. Это свидетельствует о том, что при данном уровне минерального питания все поглощенные нитраты полностью восстанавливались.

Органы надземной части не равноценны в усвоении нитратов. Активность фермента в стеблях значительно ниже по сравнению с листьями, но в связи с интенсивным приростом их в процессе вегетации они играют важную роль в восстановлении нитратов, а в фазе плодообразования в этом участвуют и плоды. В соответствии с изменением соотношения массы органов надземной части в про-

цессе вегетации изменяется и их роль во включении азота нитратов в метаболизм растений.

Таким образом, показано, что в течение всего периода вегетации наивысшая активность нитратредуктазы в расчёте на единицу веса отмечена в листьях редьки масличной. Изменения во вкладе органов в процесс редукции нитратов в основном определяются их массой на том или ином этапе развития растений.

### ПОГЛОЩЕНИЕ $\text{NO}_3^-$ И ФОРМИРОВАНИЕ МОРФОТИПА ПЕРВИЧНОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНЫХ АГРОЭКОТИПОВ

#### The $\text{NO}_3^-$ uptake and morphotype primare root system formation of different spring wheat cultivars agroecotypes

С.В. Душехватов, И.В. Одрин

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова,  
г. Саратов

E-mail: [botanika@sgau.ru](mailto:botanika@sgau.ru), [s-dushekhvatov@yandex.ru](mailto:s-dushekhvatov@yandex.ru)

Климатические особенности Юго-Востока предопределили внимание саратовских физиологов к корневой системе пшеницы, поскольку в засушливые годы от ее общего развития зависит не только уровень урожайности, но и возможность сохранения посева.

Корневая система сортов различных экологических групп обладает своими особенностями, являющимися результатом приспособления к почвенно-климатическим условиям. В лаборатории физиологии растений НИИСХ Юго-Востока исследовалась большая коллекция сортов яровой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Среди изучавшихся сортов ни одна группа в целом не превосходит волжскую степную группу по числу и развитию зародышевых корней. Основная причина превосходства сортов местного типа над другими сортами по данному признаку заключается в том, что в условиях засушливого Поволжья сорт не может быть высокопродуктивным и засухоустойчивым без хорошо развитой первичной корневой системы. В процессе отборов на продуктивность, устойчивость и экологическую пластичность в число лучших попадают только формы с максимальным числом зародышевых корней. Узловые корни лучше развиты у сортов лесостепных и лесных экологических групп. Если узловые корни не развиваются, судьба урожая определяется работой первичных корней, но она не бывает выше 15-18 ц/га. Зародышевые корни проникают на глубину до 150-200 см и питают растения при пересы-

хании верхних слоев почвы, степень разветвленности их у сортов волжской степной экологической группы в пахотном слое невелика. Узловые корни не проникают глубже 50 см, а основная их масса расположена в пахотном слое, где сконцентрированы элементы питания и влага вегетационных осадков. Высокие урожаи пшеницы можно получить только при хорошем развитии всех типов корней. Сорты лесных, лесостепных, западноевропейской, короткостебельные сорта мексиканской и американской эколого-географических групп имеют склонность к поверхностному залеганию корневой системы, что отрицательно сказывается на устойчивости растений при засухе, но в более благоприятных условиях дает им преимущество.

Перед нами стояла задача выяснить причины различий в размещении первичной корневой системы у разных экологических групп пшеницы. Поскольку в пахотном слое находится основной запас питательных элементов, в частности азота, мы предположили, что существует связь между поглощением  $\text{NO}_3^-$  и ростовой реакцией корней.

Первичную корневую систему легко изучать в водной культуре, моделируя различные условия азотного питания. Растения выращивали в сосудах на питательных растворах с разной концентрацией  $\text{NO}_3^-$ . При дефиците нитратного азота в питательном растворе (до 0.1 мМ) зародышевые корни растут в длину и не образуют большого числа боковых корней. При этом масса корней более высокая, чем при достаточном азотном питании, отношение корень/побег также более высокое. Скорость поглощения  $\text{NO}_3^-$  низкая. При повышенной концентрации  $\text{NO}_3^-$  (1 мМ и выше) образуется много боковых, сильно ветвящихся корней, но в целом, масса корней ниже, чем при дефиците азота, ниже и отношение корень/побег. Скорость поглощения  $\text{NO}_3^-$  более высокая. Таким образом, существует обратная зависимость между скоростью поглощения  $\text{NO}_3^-$  и ростом корней.

Исследования ростовой активности корней и поглощения  $\text{NO}_3^-$  в сортовом аспекте показали различия между экологическими группами сортов. Сорты волжской степной экологической группы на повышенный фон  $\text{NO}_3^-$  в питательном растворе отвечали меньшей удельной скоростью поглощения  $\text{NO}_3^-$ , чем сорта других экологических групп. Рост зародышевых корней у местных сортов был столь же высоким, как и при дефиците азота, боковых корней образовалось меньше, чем у растений других экологических групп в этих условиях. Сорты лесостепной экологической группы, низкостебельные сорта западноевропейской и короткостебельные сорта мексиканской и американской селекции на фоне повышенной концентрации  $\text{NO}_3^-$  в питательном растворе в целом формировали

меньшую массу корней, но укороченную и сильно ветвящуюся. Удельная скорость поглощения  $\text{NO}_3^-$  у них была более высокой, чем у саратовских сортов. Известно, что скорость поглощения  $\text{NO}_3^-$  не постоянна, а изменяется, в частности от содержания азота в растении. Следует отметить, что менее засухоустойчивые сорта западноевропейской экологической группы (Oral), северо-западной группы (Ленинградка), короткостебельные сорта американского происхождения (Nadadores, World Seeds 1616) отличаются менее выраженным эффектом отрицательной регуляции скорости поглощения  $\text{NO}_3^-$ . Возможно, это связано с тем, что через многочисленные сильно ветвящиеся боковые короткие корешки есть прямой путь  $\text{NO}_3^-$  в ксилему.

Таким образом, нам представляется, что именно в особенностях поглощения  $\text{NO}_3^-$  корнями лежит формирование того или иного морфотипа корневой системы.

**ПРОЛИФЕРАТИВНЫЙ АНТИГЕН ИНИЦИАЛЕЙ  
В СРАВНИТЕЛЬНОМ ИССЛЕДОВАНИИ  
МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КАЛЛУСНОЙ КУЛЬТУРЕ  
*IN VITRO* И В МЕРИСТЕМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ *IN VIVO* ПШЕНИЦЫ**

**Proliferative antigen of initial cell in a comparative study  
of morphogenetic processes in a wheat-callus culture *in vitro*  
and in the wheat-meristem zones *in vivo***

**Н.В. Евсеева<sup>1</sup>, И.Ю. Фадеева<sup>1</sup>, Ю.В. Лобачев<sup>2</sup>, О.В. Ткаченко<sup>2</sup>, С.Ю. Щеголев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,  
г. Саратов

E-mail: [nina@ibppm.sgu.ru](mailto:nina@ibppm.sgu.ru)

<sup>2</sup> Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова,  
г. Саратов

E-mail: [lobachev@ssau.saratov.ru](mailto:lobachev@ssau.saratov.ru)

Известно, что закономерности морфогенеза, установленные для конкретного генотипа *in vivo*, могут значительно трансформироваться при культивировании эксплантов *in vitro*. Учитывая практические потребности технологий клеточной селекции растений в повышении эффективности морфогенеза, представляется актуальным анализ особенностей протекания соответствующих процессов, происходящих *in vivo* и *in vitro*. Для этого необходим поиск надежных морфологических и/или биохимических маркеров, отражающих общие закономерности развития растений в условиях *in vivo* и *in vitro* и позволяющих отбирать генотипы с высоким мор-

фогенетическим потенциалом. В наших предыдущих исследованиях было показано, что пролиферативный антиген инициалей (ПАИ) является молекулярным маркером меристематических клеток злаковых культур (Евсеева, 1993; Sumaroka et al., 2000) и отражает морфогенетический потенциал каллусных клеток в культуре *in vitro* пшеницы (Евсеева et al., 2002). Цель данной работы – установление корректности использования показателя содержания ПАИ в меристематических зонах *in vivo* для определения морфогенетического потенциала каллусов пшеницы в культуре *in vitro*.

Исследуемая генетическая модель включала высокорослый сорт яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Саратовская 29 и набор его почти изогенных линий, включающий короткостебельные линии, несущие аллели RhtB1b, RhtB1c, Rht14, а также их соответствующие высокорослые сибы, несущие аллели L1RhtB1a, L2RhtB1a и Rht14. Для исследования морфогенетических процессов использовали морфометрический и иммунохимический методы анализа. Сравнительный иммунохимический анализ содержания ПАИ в апексах стеблей пяти суточных проростков пшеницы не выявил достоверных различий между генотипами, хотя высокорослые сибы и сорт Саратовская 29 значительно превосходили свои низкорослые линии по длине coleoptily. Поскольку в условиях *in vitro* различия в содержании ПАИ были выявлены только при формировании меристематических очагов в каллусной ткани, мы предположили, что соответствующие различия в условиях *in vivo* могут проявиться на более поздних этапах онтогенеза пшеницы, а именно на стадии образования узлов кущения. Сравнительный анализ содержания ПАИ в узлах кущения исследуемых генотипов показал, что низкорослые линии с генами RhtB1c и Rht14 имели более высокий уровень содержания ПАИ по сравнению со своими высокорослыми сибями и исходным сортом Саратовская 29. На 30-е сутки культивирования каллусов был выявлен более высокий уровень содержания ПАИ у этих же генотипов пшеницы. Проведенными ранее исследованиями установлено, что короткостебельные сорта пшеницы, несущие низкорослые аллели генов Rht, имеют более высокую степень кустистости (Лобачев, 2000), т.е. в узлах кущения у них закладывается больше боковых побегов, формирующихся из меристематических зон *in vivo*. По-видимому, этим и объясняется более высокий уровень содержания ПАИ у короткостебельных форм по сравнению с высокорослыми сибями и исходным сортом Саратовская 29 в узлах кущения *in vivo*, а также в каллусных клетках в культуре *in vitro*. Таким образом, в результате проведенных исследований определен этап онтогенеза пшеницы, позволяющий дифференцировать изучаемые генотипы по содержанию ПАИ в меристематических зонах *in vivo*. Содержа-



ние ПАИ в узлах кущения изогенных линий пшеницы *in vivo* отражает интенсивность закладки меристематических очагов в каллусной ткани тех же линий в культуре *in vitro*.

### МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР НА ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

#### Mineral nutrition and crop productivity on podzolic soils (alfisols)

Г.Я. Елькина

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: [elkina@ib.komisc.ru](mailto:elkina@ib.komisc.ru)

Минеральное питание – один из основных факторов управления продукционным процессом на подзолистых почвах. Обеспечение потребности растений в необходимых элементах в условиях короткого вегетационного периода и дефицита тепла позволило повысить стабильность метаболизма растений и способствовать формированию высокой продуктивной массы. Оптимизация питания макро- (N, P, K, Ca, Mg, S) и микроэлементами (Cu, B, Mo, Co, Zn, Mn) обеспечила среднюю продуктивность картофеля 53.3, зеленой массы однолетних трав – 29.4, сена клевера – 4.0 т/га, что в три-четыре раза выше, чем на контроле. Прибавки от микроэлементов составили соответственно 19.6, 12.6, 17.5 %. Оптимальное питание улучшало азотный и углеводный режимы, повышая качество продукции, способствовало преодолению неблагоприятных погодных условий.

Продукционный процесс определялся поступлением элементов в растения и их сбалансированностью. Рост и развитие картофеля на ранних стадиях в большей мере зависели от поступления азота, в период интенсивного клубнеобразования возросла роль калия. Условием высокой продуктивности, как показал анализ соотношений между элементами в ботве, явилось более интенсивное поступление калия и кальция, чем азота. Однако резкое преобладание кальция над калием при известковании привело к снижению продуктивности. Более благоприятные соотношения между элементами установлены при оптимизации питания комплексом макро- и микроэлементов. В целом химический состав ботвы картофеля и показатели сбалансированности между элементами были более информативны, чем эти показатели для запасующих органов картофеля.

Культуры, входящие в состав однолетних трав, произрастая в одних условиях, отличались разным отношением к элементам пи-

тания и их сбалансированности. Вегетативная масса овса была линейно связана с содержанием в ней азота и калия, логарифмически – фосфора. Повышенной продуктивности злакового компонента способствовало и более высокое содержание двухвалентных катионов. Биомасса гороха была меньше, чем овса, определялась поступлением азота, в равной мере коррелируя с наличием фосфора и калия. Темпы изменений в содержании калия с ростом продуктивности при этом были более интенсивны, чем азота. Содержание кальция и магния в биомассе гороха – достаточно постоянным. Изменения в элементном составе клевера были также незначительны.

К особенностям минерального питания на подзолистых почвах следует отнести негативное влияние ионов алюминия и марганца на поглощение элементов растениями и их онтогенез. Известкование, снижая подвижность алюминия и марганца в почве и обогащая клеточные ткани кальцием, сократило поступление токсичных в больших количествах элементов, способствуя продукционному процессу.

Применение только основных элементов, увеличивая их количество в растениях и вынос, вело к дисбалансу между макро- и микроэлементами. Кроме того, фосфор и кальций выступали конкурентами по отношению к цинку. Диспропорции, сдерживающие продуктивность, наблюдались и между другими макро- и микроэлементами.

Снижение продуктивности происходило и при отклонении концентрации одного из элементов от оптимальной. Недобор клубней картофеля в большей мере лимитировался недостатком калия, фосфора, двухвалентных катионов. Но в то же время избыток кальция и магния, также как и азота, проявился более значительным снижением сбора клубней, чем их недостаток. Сокращение доз бора и меди также приводило к статистически значимому падению продуктивности. Более низкая продуктивность была обусловлена изменениями в поглощении, как испытуемого, так и других элементов, концентрации которых в почве оставались неизменными. При недостатке азота в ботву в меньшей мере поступали фосфор, кальций и магний. В повышенных количествах азот ингибировал поглощение калия, фосфора, кобальта, микроэлементов. Явления синергизма, наблюдаемые при росте концентрации до оптимума, сменились конкурентными отношениями. Применение более низкой и высоких доз извести ухудшало питание азотом, фосфором и особенно калием. Повышенные дозы извести к тому же снижали поступление цинка и меди.

Разница в поглощении элементов обусловлена как изменением подвижности элементов в почве, так и типом взаимоотношений при перемещении их в растениях. Характер взаимосвязи между

поглощенными элементами определялся величиной отклонения концентраций взаимодействующих ионов от оптимальной. Избыточность элемента большей частью препятствовала поступлению других, меняя направленности связей между элементами от синергических до антагонистических.

Следовательно, формирование высокой продуктивности сельскохозяйственных культур на подзолистых почвах определяется уровнем минерального питания, его сбалансированностью и спецификой культур. Для картофеля и злаковых трав характерны более значительные изменения в поглощении большинства макро- и микроэлементов. Бобовые травы отличаются более постоянным химическим составом, увеличивая вынос элементов с ростом продуктивности.

#### **ФОНД ЗАПАСНЫХ АССИМИЛЯТОВ КАК ЭЛЕМЕНТ СТРАТЕГИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ПРОДУКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ**

##### **Storage photosynthates as element of the Scots pine strategy in productional process**

**В.Ф. Забуга, Г.А. Забуга**

Ангарская государственная техническая академия, г. Ангарск  
E-mail: [zabuger@rambler.ru](mailto:zabuger@rambler.ru)

В лесостепном Предбайкалье с его погодно-климатическими условиями, характеризующимися недостаточным увлажнением и глубоким промерзанием почвы, на опытном участке, расположенном в 80 км к северо-востоку от г. Иркутск, в течение многолетнего периода наблюдений были получены динамические характеристики ведущих элементов производственного процесса сосны обыкновенной – фотосинтеза, дыхания и роста. Исследования проводили на модельных деревьях сосны II с последующим переходом ее в III класс возраста.

В период от начала выхода из состояния глубокого покоя и до окончания фенофазы набухания почек жизнедеятельность сосны обеспечивалась главным образом за счет фонда запасных ассимилятов. Это было связано с тем, что устойчивая фотосинтетическая деятельность сосны наступала за 10-14 дней до начала фенофазы набухания почек и только к концу этой фенофазы фотосинтез хвои кроны достигал величин, близких к максимальным.

В зависимости от степени увлажнения среды значимость фонда запасных ассимилятов в производственном процессе сосны проявлялась по-разному. Так, в вегетационный период, отличающийся сильной почвенной и воздушной засухой, суммарные затраты уг-

лерода в дыхании и на прирост биомассы были выше фотосинтетической продуктивности кроны сосны. В итоге складывалась отрицательная величина ежегодного углеродного баланса, которую компенсировал ресурс фонда запасных ассимилятов. Поэтому в течение нескольких следующих после засухи лет, несмотря на относительно благоприятные условия увлажнения, прирост ствола и побегов не выходил на уровень величин, отмеченных накануне засушливой вегетации, что, по-видимому, было обусловлено аттракцией части продуктов фотосинтеза на пополнение фонда запасных ассимилятов.

Рассматривая продукционный процесс в засушливые вегетации в ежемесячной динамике, установили, что баланс углерода оставался отрицательным в июне-августе и только к концу вегетационного периода приобретал положительную величину. Например, в июле превышение расходной статьи углеродного баланса над его приходной статьей составляло более 1 кг углерода. По-видимому, это значительное количество расходуемого древесным растением углерода было получено им из фонда запасных ассимилятов, сформированного в прежние годы. Засуха существенно снижала фотосинтетические усилия сосны, и тогда для поддержания запроса на ассимиляты со стороны ростовых процессов и связанного с ними дыхания использовался «запас». Именно благодаря резервам ассимилятов у сосны в условиях продолжительного водного стресса в качестве итога продукционного процесса был не большой по величине прирост ее биомассы.

В вегетации с увлажнением, близким к оптимальному, получили превышение приходной статьи над расходной. Учет так называемых «малых» компонентов углеродного баланса (масса опада и шишек, выделения кроны и корней) показал, что они покрывали не более 15 % превышения приходной статьи С-баланса над его расходной статьей. По-видимому, остальной углерод, ассимилированный в фотосинтезе кроной сосны, откладывался в виде запасных продуктов фотосинтеза, формируя «запас».

Следует подчеркнуть, что в отдельные вегетации с благоприятными условиями почвенного увлажнения в июне-июле временно складывался отрицательный или близкий к нему баланс углерода. Вероятно, он был обусловлен высокой ростовой и функциональной нагрузкой, испытываемой в этот период деревьями сосны. В этом случае реализация продукционного процесса в условиях временно складывающегося отрицательного баланса текущего углерода, по-видимому, обеспечивалась «запасом». Таким образом, даже при положительной ежегодной величине С-баланса на промежуточных этапах его формирования в периоды максимальной ростовой активности сосны его величина могла быть отрицательной.

Корреляция между ежегодными изменениями основных компонентов балансового уравнения ( $P_N$ ,  $\Delta W$ ,  $R$ ) оказалась слабой (при  $p < 0.05$ ). Это позволило сделать несколько предположений. Во-первых, у сосны, как и у других древесных растений, донорно-акцепторные отношения характеризовались разделенным во времени образованием ассимилятов и процессами морфогенеза. Во-вторых, влияние фотосинтеза на дыхание сосны было отодвинуто по времени и, вероятно, осуществлялось через фонд запасных ассимилятов.

Итак, как показали исследования, продукционный процесс сосны обыкновенной на стадии кульминации ее текущего прироста включал в себя такой элемент, как «страхование» ростовых процессов жизненно важных вегетативных органов (побегов, хвои, ствола, корней) фондом запасных ассимилятов. Эти органы формировались у сосны даже в условиях сильных засух. Из этого заключили, что фонд запасных ассимилятов используется для дыхания и роста сосны в экстремальных условиях, а также обеспечения потребностей дерева в периоды вегетации, связанные с высокой ростовой нагрузкой. Следовательно, его можно считать не только самостоятельной функцией, которая интегрирована с другими функциями древесного растения, но и элементом стратегии сосны в продукционном процессе.

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ РОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЛЕСОСТЕПНОМ ПРЕДБАЙКАЛЬЕ**

#### **Efficiency of Scots pine growth in forest-steppe Cisbaikal region**

**В.Ф. Забуга, Г.А. Забуга**

Ангарская государственная техническая академия, г. Ангарск

E-mail: [zabuger@rambler.ru](mailto:zabuger@rambler.ru)

Поток углерода органического вещества, синтезированного в фотосинтезе кроны, обеспечивает процессы жизнедеятельности, прежде всего, дыхание и рост дерева. Соотношение углерода, затраченного на формирование структурной биомассы и выделенного в дыхании, характеризует наиболее важные стороны его распределения в системе целого древесного растения. С течением времени размеры отдельных органов дерева становятся значительными, что усложняет определение количества углерода, затраченного в дыхании и на прирост. На модельных деревьях, растущих в сосняке мертвопокровном высокополнотном II с последующим переходом в III класс возраста в природно-климатических условиях лесостепной зоны Предбайкалья с недостаточным увлажнением и глу-

боким залеганием грунтовых вод и промерзанием почвы, была выполнена оценка дыхания и эффективности роста на основе многолетних прямых измерений биомассы и дыхательного газообмена  $\text{CO}_2$  надземных и подземных органов сосны обыкновенной.

Как известно, образование биомассы органов древесного растения сопровождается расходом пластических веществ в дыхании. Расчеты показали, что у ствола ежегодно за вегетацию в дыхании расходовалось примерно 5-6 % углерода (С) от общей величины С, заключенной в его биомассе. Полученные данные соответствовали, с одной стороны, небольшому количеству живой биомассы, содержащейся в стволе, а с другой – о малых затратах органического вещества в дыхании на поддержание ее жизнедеятельности. Ежегодные затраты на дыхание ветвей кроны в зависимости от их биомассы изменялись аналогично стволу, но в пределах 10-11 % углерода от общей его величины, заключенной в биомассе ветвей. Более высокая по сравнению со стволом доля затрат в дыхании ветвей от их биомассы, по-видимому, была обусловлена их высокой физиологической активностью, связанной в первую очередь с ростом молодых побегов.

Доля выделения углерода в дыхании подземных органов сосны составляла 20-23 % от его величины, содержащейся в фитомассе корней. Дыхательные затраты подземных органов по сравнению с надземными скелетными органами оказались наиболее значительными, что, вероятно, отражало высокую физиологическую активность первых из них, характерную, прежде всего, для тонких корней.

Доля дыхания дерева от его биомассы составляла 9.0-11.5 % С и свидетельствовала о том, что биомасса ежегодно акцептировала для своих нужд углерод ассимилятов примерно в размере десятой части от его величины, заключенной в ней самой. Таким образом, на стадии кульминации текущего прироста у надземных и подземных органов и частей сосны отмечалась примерно постоянная доля затрат углерода в дыхании от его количества, отложенного в биомассе.

Эффективность дыхательных затрат сосны оценивали с помощью коэффициента эффективности роста (КЭР), выражая его как отношение углерода, содержащегося в приросте биомассы органа, к сумме углерода в приросте биомассы и С, пошедшего на дыхание органа. Величины КЭР интерпретировали с точки зрения направленности потока углерода, ассимилированного в фотосинтезе, в структурную биомассу и на выполнение данным органом его функционального предназначения.

Как оказалось, коэффициент эффективности роста был наиболее высоким у молодых побегов кроны сосны (0.65-0.70), а наиболее низким у тонких корней (0.17-0.21). По-видимому, в отличие

от подземной апикальной меристемы доля углерода, идущая в структурную биомассу надземных апексов, превышала его количество, используемое ими в дыхании, что в принципе соответствовало стратегии развития сосны, которая, как и у других древесных растений, направлена на освоение надземного пространства и размещения в нем ассимилирующих  $\text{CO}_2$  (С) органов. В то же время величина КЭР тонких корней соответствовала значительной функциональной нагрузке, которую испытывала относительно небольшая по величине, но постоянно обновляющаяся структурная биомасса этих органов.

Судя по изменению за период наблюдений величины КЭР у ствола и скелетных корней, потоки углерода, направленные во вновь формирующуюся биомассу и на дыхание, были близки по величине. Возможно, это было связано с функциональным статусом рассматриваемых органов и доминированием и у ствола, и у скелетных корней не только транспортной и запасающей функций, но и механической функции, обуславливающей необходимую жесткость их структуры.

Из всех исследуемых органов только доля углерода, используемого на прирост хвои, была наиболее близка ее величине, затрачиваемой в дыхании. От начала к концу периода наблюдений величина коэффициента эффективности роста сосны обыкновенной снижалась от 0.43 до 0.24, причем отмечалось ее соответствие показателю «carbon-use efficiency» (CUE), который был определен для хвойных бореальной зоны и разных видов сосен.

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ АРХИТЕКТониКИ РОСТА, ДЫХАНИЯ И БИОЭЛЕКТРОПотЕНЦИАЛОВ У СОСНЫ**

#### **Laws of architectonics growth, respiration and bioelectric potentials of a pine**

**В.Ф. Забуга<sup>1</sup>, Р.А. Коловский<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ангарская государственная техническая академия ФАО РФ, г. Ангарск

<sup>2</sup> Красноярский государственный природный заповедник «Столбы»,  
г. Красноярск

E-mail: [zabuger@rambler.ru](mailto:zabuger@rambler.ru)

Биоэлектрические потенциалы (БЭП), интегрирующие в себе на основе потенциала покоя потенциал течения, метаболический и другие, играют исключительно важную роль в жизнедеятельности растений. Однако, несмотря на значительный интерес к этой проблеме, природа биоэлектrogenеза высших растений, в том числе и хвойных, все еще недостаточно исследована. В частности,

слабо изучена взаимосвязь БЭП с физиологическими процессами, например, ростом и дыханием, их архитектура у скелетных органов, которые у древесных растений, в том числе и у сосны, с течением времени достигают значительных размеров. В связи с этим были проведены исследования на деревьях сосны обыкновенной и сибирской III-IV классов возраста.

Анализ изменчивости роста скелетных органов показал, что ширина годичных колец (ШГК) увеличивалась по высоте ствола и была в три-четыре раза больше в верхней (2-4 мутовка) по сравнению с нижней (1.3 м) его частью. Однако от участка ствола на высоте 1.3 м в направлении к корневой шейке (0.1 м) ШГК значительно возрастала и была в 1.5 раза больше, чем на высоте 1.3 м. ШГК разновозрастных побегов скелетных ветвей увеличивалась от основания к вершине ветви. ШГК побегов вершины ветви в разных частях кроны сосны была выше, чем ШГК побегов, находящихся в ее основании. При этом ежегодные изменения радиального прироста побегов в основании скелетных ветвей среднего и особенно нижнего уровня кроны характеризовались отчетливой границей перехода от широких к узким годичным кольцам. В направлении от верхних частей кроны к нижним ШГК однолетних побегов ветвей, взятых на осях первого порядка, снижалась. Фактически изменение ШГК от основания к вершине скелетных ветвей кроны совпадало с ее изменением по высоте ствола, увеличиваясь по направлению к вершине этих органов.

По длине скелетного корня максимальная ШГК наблюдалась в непосредственной близости от корневой шейки (0.1 м) и более чем в три раза превышала прирост корня на расстоянии 0.5 м от комля ствола. Минимальный прирост корня по радиусу отмечался на расстоянии около 1.0 м от комля ствола. По мере удаления от него, начиная примерно с 1.0 м, ШГК постепенно увеличивалась по направлению к концу корня.

Дыхание скелетных органов было более высоким у растущих побегов по сравнению с верхними и нижними частями ствола и ветвей. В пределах кроны от ее вершины к основанию интенсивность дыхания однолетних побегов скелетных ветвей уменьшалась. Скорость дыхания постепенно увеличивалась от толстых к тонким скелетным корням и была максимальной у корневых окончаний. При этом интенсивность дыхания тонких скелетных корней была выше, чем толстых, причем в расчете на массу интенсивность дыхания тонких скелетных корней оказалась в 2.5 раза больше, чем верхнего участка ствола. Таким образом, в ряду осевых органов скорость дыхания закономерно снижалась от наземных апикальных меристем к толстым скелетным корням и увеличивалась от тонких скелетных корней по направлению к подземным апикальным меристемам. При этом дыхание участков ство-



ла и скелетных корней, примыкающих к корневой шейке, было значительно выше, чем на высоте ствола 1.3 м и скелетного корня на расстоянии 0.8-1.0 м от основания ствола.

По высоте ствола и длине скелетных ветвей величина БЭП значительно увеличивалась от их нижних частей вплоть до вершины. Архитектоника БЭП на протяжении скелетных корней изменялась аналогично: в пределах 1.0-1.5 м от комля ствола отмечалась минимальная величина потенциала, которая затем постепенно нарастала по направлению к корневым окончаниям. При этом выделялся БЭП в области корневой шейки, величина которого была значительно больше, чем потенциал участков ствола и скелетных корней, находящихся на относительном удалении от нее. Изменение скорости дыхания и роста в области корневой шейки соответствовало изменению БЭП. Возможно, это отражало особую роль корневой шейки в жизнедеятельности древесной жизненной формы, которую можно определить как информационно-регуляторную.

Итак, архитектоника БЭП, скорости роста и дыхания скелетных органов сосны имела значительное сходство, а распределение кардинальных точек их динамики носило взаимно соответствующий характер. С одной стороны, рост и дыхание органов деревьев происходит в электромагнитной среде, а с другой – они сами вместе с их жизнедеятельностью являются частью этой среды. При этом если рост и дыхание в большей мере характеризовали материально-энергетическую сторону триединого потока, а БЭП – его информационно-полевую основу, то сходство их архитектуры отражало неразрывность единого материально-энерго-информационного потока внутри биосистемы древесного растения, что, по видимому, является необходимым условием регуляции этих потоков как внутри, так и между отдельными организмами.

**НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ МЕТИЛВИОЛОГЕНА (ПАРАКВАТА)  
НА УСТАНОВЛЕНИЕ СИМБИОЗА  
МЕЖДУ *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM* И ГОРОХОМ**

**Negative influence of metylviologen (paraquat) on an establishment  
of symbiosis between *Rhizobium leguminosarum* and Pea**

**А.А. Ищенко, Г.Г. Васильева, А.К. Глянько**

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск  
E-mail: [ustaft@sifibr.irk.ru](mailto:ustaft@sifibr.irk.ru)

В сельскохозяйственном производстве для уничтожения сорных растений широко применяется неселективный гербицид паракват (метилвиологен). Известно, что паракват вызывает нарушения в электронтранспортной цепи фотосистемы I, митохондрий

и микросом с образованием активных форм кислорода (АФК), таких как супероксидный анион-радикал ( $O_2^{\cdot-}$ ), пероксид водорода ( $H_2O_2$ ), гидроксильный радикал ( $\cdot OH$ ). При обработке растений раствором параквата усиливается перекисное окисление липидов (ПОЛ) и другие деградационные процессы, что, в конечном итоге, приводит к гибели растений. Гербицид обладает также антибиотическим, в том числе антимикробным действием. Оказывая отрицательное влияние на растения и микроорганизмы, паракват, очевидно, может негативно влиять на установление бобово-ризобияльного симбиоза. Однако влияние этого гербицида на начальные этапы бобово-ризобияльного симбиоза неизвестно.

Цель исследования состояла в определении влияния разных концентраций параквата на рост, уровень  $H_2O_2$  и активность каталазы в корнях этиолированных проростков гороха, инокулированных клубеньковыми бактериями *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae*, штамм CIAM 1026 (ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии РАСХН, Санкт-Петербург), а также влияние этого гербицида на взаимодействие ризобий с корневыми волосками корня гороха.

Установлено, что паракват замедлял скорость роста корней гороха в зависимости от его концентрации и времени воздействия. В концентрации 1 мМ он вызывал уменьшение скорости роста в 2.7 раза через одни сутки и в 23.2 раза через двое суток. При концентрации гербицида 10 мкМ скорость роста корней уменьшалась в 1.4 и 1.8 раза соответственно через одни и двое суток. Концентрация параквата 1 мкМ оказала достоверное влияние только на вторые сутки: скорость роста уменьшилась в 1.7 раза. Концентрация 0.1 мкМ не оказала достоверного влияния на этот показатель. Таким образом, наибольшее отрицательное влияние на рост проростков гороха оказала концентрация параквата 1 мМ, при которой наблюдали некроз тканей апекса корня.

Содержание  $H_2O_2$  увеличивалось в корнях гороха при обработке их паракватом при всех испытываемых концентрациях, особенно на вторые сутки экспозиции. Наибольшее накопление  $H_2O_2$  наблюдали при концентрации 1 мМ: увеличение по сравнению с контролем в 1.6 и 2.1 раза через одни и двое суток соответственно. При других концентрациях параквата достоверное накопление  $H_2O_2$  наблюдалось только через двое суток воздействия гербицидом. Очевидно, что одной из причин торможения ростовых процессов при увеличении концентрации и длительности воздействия параквата являлось увеличение содержания  $H_2O_2$  в корнях гороха, который мог образовываться при дисмутации  $O_2^{\cdot-}$ .

Активность каталазы, одного из основных ферментов детоксикации  $H_2O_2$ , возрастала в корнях гороха с увеличением концентрации параквата и длительности его воздействия. При концентрации

параквата 0.1 мкМ активность каталазы не отличалась от контроля. Наибольшую активность фермента наблюдали в варианте с концентрацией гербицида 1 мМ: увеличение активности каталазы в 1.9 и 1.8 раза соответственно через одни и двое суток экспозиции. Очевидно, что активность фермента индуцировалась  $H_2O_2$ , образующимся в корнях при этих условиях. В свою очередь, увеличение активности каталазы могло в известных пределах предотвращать повышение уровня  $H_2O_2$  до повреждающего значения. Однако при обработке корней гороха паракватом в высокой концентрации (1 мМ) активность каталазы, по-видимому, была недостаточна, чтобы справиться с возросшим уровнем  $H_2O_2$ . При этом наблюдали почти полное торможение роста корней и их деградацию.

Исследования с помощью световой микроскопии начальных этапов взаимодействия ризобий с корневыми волосками корней гороха показало, что добавление в среду инкубации параквата вызвало образование укороченных и утолщенных корневых волосков необычной формы: булавовидной, пирамидальной, винтообразной и др. Инфекционные нити в этих видоизмененных корневых волосках обнаружены не были. Длина зоны корневых волосков на корне при воздействии на него паракватом была меньше чем в контроле, очевидно, в связи с торможением скорости роста и уменьшением длины корня. Обнаруженные изменения корневых волосков были особенно ярко выражены при обработке корней гороха высокими концентрациями гербицида (1 мМ, 10 мкМ).

Результаты обсуждаются в связи с ролью АФК, образующихся в растениях при воздействии на них паракватом на начальных этапах бобово-ризобиального симбиоза.

#### **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АУКСИНОВ И ЦИТОКИНИНОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ КУКУРУЗЫ (*ZEA MAYS* L.)**

##### **Opportunity of auxin and cytokinin application for *Zea mays* L. grain yield increase**

**Е.А. Калинина, Е.С. Роньжина**

Калининградский государственный технический университет,

г. Калининград

E-mail: [bobrik79@mail.ru](mailto:bobrik79@mail.ru); [ron-box@mail.ru](mailto:ron-box@mail.ru)

Использование регуляторов роста и развития растений является перспективным направлением повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Хорошо известная в настоящее время

способность ауксинов и цитокининов оказывать позитивное влияние на целый комплекс физиолого-биохимических программ, протекающих в растительном организме, в том числе напрямую определяющих формирование урожая: формирование и функционирование фотосинтетического аппарата, транспорт и распределение ассимилятов в растении, рост, развитие корневой системы и хозяйственно ценных органов. Ауксины и цитокинины не токсичны, а их высокая физиологическая активность позволяет применять эти соединения в чрезвычайно низких концентрациях (г/га). В сочетании с быстрым разложением в растительных тканях обеспечивает чистоту сельскохозяйственной продукции. Такие свойства дают основание предполагать целесообразность и возможность использования фиторегуляторов ауксиновой и цитокининовой природы в растениеводстве. Однако этот вопрос нуждается в детальном изучении и экспериментальной проверке. Сложность работ подобного рода во многом связана с высокой специфичностью действия фитогормонов, в силу которой исследования необходимо проводить индивидуально для каждой культуры в течение всего онтогенеза.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния ауксина (ИМК,  $10^{-5}$  М) или цитокинина (БАП,  $10^{-4}$  М) на рост, развитие, фотосинтетическую функцию и урожай зеленой массы растений кукурузы (*Zea mays* L., сорт СТК-189 МВ). Для выяснения этого вопроса были проведены мелкоделяночные полевые опыты. Наиболее эффективные концентрации подбирали предварительно в вегетационных опытах.

Почвенно-климатические условия Калининградской области позволяют выращивать кукурузу, главным образом, на зеленую массу и силос. Интегральным показателем, характеризующим формирование урожая, является рост органов и образование биомассы растений. Проведенные опыты позволили выявить положительное действие ИМК и БАП на эти процессы.

Оба фиторегулятора существенно стимулировали рост и фотосинтетическую функцию растений, причем наиболее эффективно на растения кукурузы действовала ИМК. На ранних этапах онтогенеза (фаза – всходы) обработка растений ИМК или БАП не влияла на изученные процессы, возможно, из-за высокого содержания эндогенных фитогормонов. Однако вторая обработка и ауксином, и цитокинином взрослых, 40-суточных растений (фаза выхода в трубку) стимулировала рост надземных органов, на 12-20 % увеличивая высоту растений и толщину стебля, на 20-30 % – площадь и толщину (удельную поверхностную плотность) листьев, повышала содержание фотосинтетических пигментов в листьях, увеличивала ассимиляционный потенциал и фотосинтетическую функцию растений. Более поздняя обработка растений (фаза –

цветение метелки) была менее эффективной.

Положительное влияние ИМК и БАП на формирование и функционирование фотосинтетического аппарата, приводящее к увеличению синтеза органических веществ, в сочетании со стимуляцией роста привело к увеличению продуктивности кукурузы, повысив урожай зеленой массы на 10-15 %. В целом, проведенные нами исследования показали высокую эффективность ИМК и БАП – препаратов с высокой биологической активностью – и целесообразность их использования в растениеводстве для повышения урожая зеленой массы кукурузы.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ БИОЛОГИИ ЦВЕТЕНИЯ В СЕЛЕКЦИИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Utiltization of anthesis biology spesific features in oil-bearing plant selection

**В.Г. Картамышев, Е.В. Картамышева**

Донская опытная станция им. Л.А. Жданова ВНИИМК,  
пос. Опорный, Азовский район, Ростовская область

Селекционерам необходимо знать биологию цветения растений, с которыми они работают. Это позволит им более рационально проводить селекционную работу. Каждая масличная культура обладает своими особенностями биологии цветения.

Подсолнечник является типичным перекрестноопылителем. Его склонность к перекрестному опылению проявляется в том, что в присутствии своей пыльцы он предпочитает оплодотворяться пыльцой другого сорта, поэтому межсортные скрещивания у подсолнечника можно проводить без кастрации цветов.

Горчица является факультативным самоопылителем с процентом перекрестного опыления от 0 до 25 %. У нее наблюдается протогения, т.е. рыльце пестика готово к оплодотворению вечером в бутоне до созревания пыльцы, которое происходит на следующий день утром. Поэтому у горчицы скрещивание можно проводить без кастрации цветов. Вечером раскрывают бутоны, которые зацветут на следующий день, и на них наносится пыльца другого сорта, собранная утром.

Лен масличный является самоопылителем. Готовность к оплодотворению рыльца его цветков происходит раньше, чем созревает пыльца. Поэтому вечером удаляется венчик, и на рыльце наносят пыльцу. При этом опыленные цветы можно не изолировать, а только отметить нитками, так как цветы без венчика не посещаются насекомыми, а тяжелая пыльца этой культуры ветром не

переносится.

У кунжута при удалении венчика убираются приросшие к нему тычинки. У бутонов в помещении собирается пыльца и на следующий день наносится на рыльце. Цветы не изолируются, так как не посещаются насекомыми.

Клещевина является типичным перекрестником и имеет раздельнополюе цветы. В результате селекции создаются женские формы растений, которые используются для гибридизации.

Использование этих особенностей цветения и созданных на их основе приемов скрещивания позволяет получать большее количество гибридных семян при меньших затратах ручного труда.

#### АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЭПИКОТИЛЯ ПШЕНИЦЫ

#### Anatomical and morphological peculiarities of wheat epicotyl growth and development

М.Ю. Касаткин, С.А. Степанов

Саратовский государственный университет, г. Саратов

E-mail: [kasatkinmy@info.sgu.ru](mailto:kasatkinmy@info.sgu.ru)

Существующие представления об особенностях роста и анатомической организации эпикотили фрагментарны. Его биологическое значение у пшеницы рассматривается в качестве междоузлия, обеспечивающего вынос узла кущения к поверхности почвы. Эпикотиль связывает побеговую часть растения с зародышевой корневой системой, значимость которой в условиях Нижнего Поволжья в годы с неблагоприятным водообеспечением исключительно велика. Это позволяет, на наш взгляд, обратить особое внимание на видовые и сортовые различия морфогенеза и анатомии эпикотили. Рост эпикотили зависит от другой части проростка – колеоптиля. В частности, показано, что колеоптиль, являясь фоторецепторной системой, передает сигнал на интеркалярную меристему эпикотили, регулируя его рост и развитие.

В полевых исследованиях нами установлено, что росту эпикотили предшествует рост колеоптиля и листьев проростка пшеницы. Ускорение роста эпикотили происходит на момент завершения роста колеоптиля. В это же время быстро растет пластинка первого и вслед за ней – пластинка второго листьев (на 8-10 день с момента посева). Для каждого исследуемого вида (*Tr. durum*, *Tr. aestivum*, *Tr. dicoccum* и *Tr. spelta*) и сорта пшеницы (Лютесценс 62, Нададорес 63, Саратовская 29, Саратовская 36, Саратов-

ская 52, Саратовская 56, Саратовская 40, Омский корунд, Мелянопус 69, Елизаветинская, Зарница Алтай, Безенчукский янтарь, Гордеиформе 432, Крассар, Золотая волна, НИК) в это время наблюдались различия по длине колеоптиля, пластинки и влагалища первого и второго листьев.

В лабораторных условиях у Саратовской 29 было установлено, что при выращивании проростков в чашках Петри на 10-й день длина колеоптиля и эпикотили составляла: на свету – 28.3 и 0.7, в темноте – 70.0 и 6.1 мм соответственно. При проращивании семян в почве с помещением их на глубину 60 мм наблюдалась иная закономерность: на свету длина колеоптиля и эпикотили в эти же сроки достигала 66.3 и 60.0, в темноте – 82.3 и 90.1 мм соответственно (при этом до 1/3 длины эпикотили выносилось на поверхность почвы). На основании этих экспериментов и литературных данных следует считать, что при прорастании зерновки в почве отмечается влияние механических нагрузок на рост эпикотили. Наличие выявленной зависимости в росте описанных структур проростка определяется также особенностями распространения света по тканям колеоптиля и эпикотили. Выявлено, что по мере дифференциации проводящих тканей колеоптиля их светопроводимость уменьшается во всех вариантах опыта, тогда как по паренхимным клеткам – увеличивается. При различной длине колеоптиля в условиях света и темноты расчетная итоговая интенсивность светового потока, приходящая на его базальную часть, была одинакова. Из этого следует, что меристемы, расположенные в основании эпикотили вместе с прилегающей колеоптильной почкой, очевидно, настроены на определенную интенсивность светового потока.

Изучение анатомии эпикотили в его средней части позволило установить видовые и сортовые различия. При сравнении исследуемых видов наблюдалось варьирование по следующим признакам: по площади эпикотили – от 0.374 до 0.746 мм<sup>2</sup>, его коровой части – от 51.2 до 56.3 %, паренхимы – от 7.9 до 13.2 %, проводящих тканей – от 33.4 до 39.3 % общей площади данного органа, количеству проводящих пучков центрального цилиндра – от 13 до 16.3 шт., пучков в коре – от 1 до 3.9 шт., диаметру пучков центрального цилиндра – от 0.0777 до 0.1056, коровых пучков – от 0.0271 до 0.0436 мм<sup>2</sup>.

Существенные различия по развитию приведенных нами признаков эпикотили отмечены среди сортов мягкой и твердой пшеницы. В частности, меньшие значения площади эпикотили наблюдались у сортов мягкой пшеницы Лютесценс 62 и Нададорес 63 (0.5738 и 0.5855 мм<sup>2</sup> соответственно), большее – у Саратовской 36 (0.8626 мм<sup>2</sup>). Среди сортов твердой пшеницы меньшие значе-

ния площади эпикотила отмечены у сортов Саратовская 40 и Омский корунд (0.4496 и 0.4536 мм<sup>2</sup> соответственно), большие – Золотая волна и НИЖ (0.8510 и 0.9705 мм<sup>2</sup> соответственно).

По количеству проводящих пучков центрального цилиндра эпикотила наблюдается положительная корреляция с его площадью. Большому числу проводящих пучков центрального цилиндра соответствует, как правило, большее число проводящих пучков коры.

Максимальные значения диаметра пучков центрального цилиндра наблюдались у сорта Золотая волна. Установлена положительная корреляция диаметра пучков с площадью эпикотила.

Таким образом, проведенные исследования показали перспективность изучения морфологии и анатомии эпикотила для определения зависимости его развития от внешних факторов с учетом видовых и сортовых особенностей. Некоторые анатомические признаки, в частности площадь эпикотила, развитие проводящих тканей центрального цилиндра и коры, могут явиться маркерными для определения устойчивости и продуктивности сорта.

**РЕУТИЛИЗАЦИЯ АССИМИЛЯТОВ  
КАК ФАКТОР ПРОДУКТИВНОСТИ КОЛОСА  
И АККЛИМАЦИИ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ  
К УСЛОВИЯМ ВЕГЕТАЦИОННОГО СЕЗОНА**

**Assimilate reutilization as a factor of ear productivity  
and acclimation to the environmental conditions in barley**

**И.С. Киселева, И.В. Парасочка**  
Уральский государственный университет, г. Екатеринбург  
E-mail: [Irina.Kiselyova@usu.ru](mailto:Irina.Kiselyova@usu.ru)

Продуктивность растений – результат сложного интегрального процесса, в основе которого лежит взаимодействие функций фотосинтеза, дыхания, транспорта и распределения веществ. Связи этих процессов сложны и неоднозначны и определяются функциональным состоянием и временем жизни различных органов и соотношением продукции ассимилятов с запросом на них со стороны потребляющих органов в ту или иную фазу онтогенеза растения. Производственный процесс растений наиболее эффективен при длительной и интенсивной работе его фотосинтезирующих частей, для чего необходимы оптимальные условия среды, что бывает далеко не всегда. В менее благоприятных условиях особую роль играют темпы онтогенеза и механизмы разобщения фотосинтеза и роста, повышающие надежность донорно-акцепторной системы ра-



стения. Временное депонирование и реутилизация ассимилятов являются одним из таких механизмов.

В течение трех вегетационных сезонов 2001-2003 гг., различающихся погодными условиями, были исследованы особенности онтогенеза, химический состав и перераспределение  $C^{14}$ -фотоассимилятов между углеводными фракциями в разных органах ячменя (*Hordeum vulgare* L. сорта Дина). Реутилизацию пластических веществ изучали радиоизотопным методом, подкармливая растения  $^{14}CO_2$  в фазы набухания листового влагалища и колошения, т.е. до начала формирования зерновок с последующим радиохимическим анализом фракций углеводов в разных органах растения.

Сравнение феноспектров ячменя показало более быстрые темпы онтогенеза в 2003 г. Медленнее всего развитие происходило в 2001 г., что во многом определялось погодными условиями: в начале вегетационного сезона 2001 г. среднесуточные температуры были высокими, а в июле она была минимальной (17.8 °C) в сравнении с другими годами. Гидротермические условия в июле 2001 г. были более благоприятными в сравнении с 2002 и 2003 гг. (ГТК составил 0.88, 0.56 и 0.64 соответственно). Эти различия повлияли на ход вегетации, поскольку пришлись на чувствительную к погодным условиям стадию налива зерна. Для формирования хорошего урожая и ценных свойств зерна важным является равномерный характер его налива. Вынужденное быстрое созревание, усыхание зерна приводят к снижению его хозяйственной ценности. Пониженные температуры воздуха и почвы во время формирования и налива зерна способствуют увеличению периода накопления сухого вещества и повышению крупности зерна, а высокие температуры в сочетании с дефицитом влаги в этот период снижают продуктивность. Следовательно, умеренные температуры в течение всего вегетационного сезона 2001 г. и достаточное увлажнение в период формирования колоса и налива зерна способствовали более длительному функционированию фотосинтетического аппарата. В другие годы этот период был более жарким и засушливым, что приводило к раннему отмиранию листьев и меньшей массе зерновок в колосе:  $858 \pm 26$  мг в 2001 г. и  $718 \pm 31$  мг в 2003 г. Период оптимальный для фотосинтеза и накопления пластических веществ у ячменя не совпадал с периодом налива и созревания зерна, поэтому у растений в период максимальной фотосинтетической активности ассимиляты временно накапливались в промежуточном акцепторе – солоmine, из которой они позднее были реутилизированы в зерновках. Роль промежуточного акцептора углерода у ячменя выполняют, главным образом, нижние междоузлия соломины, о чем свидетельствуют характер их роста и изменение химического состава. До периода интенсивного налива зерновок наблю-

дали увеличение биомассы нижних междоузлий соломины, а также содержания структурных полисахаридов и фруктозанов. На стадии молочно-восковой спелости зерновок в солоmine уменьшалось количество этих полисахаридов, а  $^{14}\text{C}$ -соединения «перетекали» из соломины в зерновки, что дает основание считать фруктозаны и некоторые компоненты структурных полисахаридов формами временного запаса ассимилятов в растении ячменя, способными к последующей реутилизации. Степень реутилизации не одинакова в разные сезоны. Так, в 2002 и 2003 гг. наблюдали снижение массы соломины на 13.7 и 10.8 % соответственно, что свидетельствует о реутилизации веществ. В 2001 г. не наблюдали снижения биомассы соломины. Эти факты указывают на зависимость степени вторичной мобилизации веществ от условий вегетационного периода и продолжительности функционирования фотосинтетического аппарата растений. Таким образом, соломина ячменя, являясь временным акцептором ассимилятов, в жаркие и сухие сезоны интенсивнее депонирует органические вещества, а их реутилизация выражена сильнее, чем в прохладные и влажные. Это свидетельствует о пластичности донорно-акцепторной системы ячменя и позволяет растениям оптимально адаптировать свой жизненный цикл и производственный процесс к изменению условий внешней среды.

#### ARTEMISIA LERCHEANA WEB. EX STECHM. AS PROMISING SOURCE OF PHYSIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

E.B. Kirichenko, D.V. Kurilov<sup>1</sup>, Yu.V. Orlova<sup>2</sup>

N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences, Moscow

<sup>1</sup>N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry  
of Russian Academy of Sciences, Moscow

<sup>2</sup> Volgograd State Teacher – Training University, Volgograd  
E-mail: evkir@list.ru

The species *A. lercheana* is wide – spread in the South - East of Russia, Kazakhstan and in various countries of Central Asia. Their habitat forming role on the territory of Volgograd (as well as Astrahany, Saratov and Kalmykia) region is very important.

*A. lercheana* is a codominant species in the phytocoenoses on the chestnut soils and can be a dominant species on the solonetz.

The species is represented by two morphologically distinct cenopopulations – form ERECTA (with vertically oriented shoots and inflorescence) and form NUTANS (with dropping shoots and inflorescence). These morphotypes coexist in alkali, chestnut and chalk

soils. Drought, heat, salinization and high irradiance are likely to be the major unfavorable factors of their growth. *A. lercheana* is one of insufficiently studied species from the points of view of ecophysiology and resourceconducting.

The aim of the work was to evaluate the specificity of ecophysiological status of *A. lercheana* and to investigate their potentialities as source of essential oils, physiologically active substances in the natural conditions of Volgograd region.

Under natural conditions the experiments were carried out with *A. lercheana* during 2004-2006 at four sites of Volgograd region, differing in climatic and soil conditions. Pot experiments were carried out in the phytotron of Institute of Plant Physiology of RAS for the determination of plant resistance to increasing dose of NaCl and their properties to accumulate the photosynthetic pigments, biomasse and to mantaine water relation.

Essential oils were prepared by hydrodistillation or using  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ . Their individual components were analysed by chromato-mass-spectrometry using chromatograf Varian 3900 and mass-spectrometer Varian Saturn 2100T.

The total content of essential oils in above-ground parts of plants comprises 0.3-1.5 % of dry weight. In erecta and nutans forms, the ratio of components of essential oils was different. In plant samples of two morphotypes growing at chalk and chestnut soils the ratios of individual components varied markedly. The major components were camphor, 1.8 – cineole, borneol and camphene. We identified also sesquiterpenoic lactones, germacrene D, beta – sitosterol and alkanoles.

Thus, *Artemisia lercheana* in the biotopes of South-East of Russia is characterized by some ecophysiological peculiarities in comparison with other species of genus *Artemisia* (*A. salsaloides*, *A. pauciflora*). This species is represented by two morphotypes: erecta et nutans. Their morphological and functional differences are manifested at the stage of generative development.

Seed populations of these morphotypes manifested some functional specificity at initial stages of development. *A. lercheana* can be considered as promising source of physiologically active substances.

This work was supported by Department of Biological Sciences of Russian Academy of Sciences (Programme «Biological resources of Russia: fundamental bases of their effective uses»).

**EVOLUTIONARY TRENDS IN THE ORGANIZATION  
OF PHOTOTROPHIC TISSUES IN GENUS *TRITICUM* L.**

I.S. Kiselyova, E.V. Khrantsova  
The Ural State University, Ekaterinburg  
E-mail: [Irina.Kiselyova@usu.ru](mailto:Irina.Kiselyova@usu.ru)

Wheat is the most significant cereal that people cultivate. So it is intensively studied and is one of the most studied plants. Nevertheless it is a great spectrum of questions that are not yet clear. The evolution of photosynthesis in genus *Triticum* L. is still one of them. The speciation in this genus is immediately related to allopolyploidy due to the spontaneous hybridization of 14-chromosome species of *Triticum* L. (*T. boeoticum* и *T. urartu*, the ancestors of subgenome A<sup>b</sup> и A<sup>u</sup>, relatively) and *Aegilops* and their subsequent evolution. During the evolution a number of significant changes in photosynthetic apparatus of ancient and modern wheat species occurred. The goal of this study was to investigate the evolutionary trends in the changes of photosynthetic apparatus in genus *Triticum* L. 22 species from this genus and 4 species from genus *Aegilops* L. of diverse origin, genome constitution, level of ploidy, totally – 125 samples, comprising groups: *Aegilops* L. 2n = 14 (genomes B<sup>sp</sup>, B<sup>L</sup>, D), *Triticum* L. 2n = 14 (genomes A, A<sup>b</sup>), 2n = 28 (A<sup>u</sup>B, A<sup>b</sup>G), 2n = 42 (A<sup>u</sup>BD, A<sup>b</sup>GD) и 2n = 56 (A<sup>b</sup>A<sup>b</sup>GG) were studied.

In each subspecies of the modern allopolyploid wheat compared to ancestral forms and *aegilops* species we observed the 2-4-fold increase of productivity that was achieved by the formation of a large assimilating area. This was due to the 2-2.5-fold increase of each leaf area and growth rate (40-60 %), but not the number of leaves and their longevity. The rate of photosynthesis per leaf area and mass unit decreased to 1.5-2 times because of the decline of photosynthetic activity in each chloroplast to 30-50 % in allopolyploids (genomes A<sup>u</sup>B, A<sup>b</sup>G, A<sup>u</sup>BD, A<sup>b</sup>GD, A<sup>b</sup>A<sup>b</sup>GG) compared to diploid species (2n = 14) with genomes A и D due to the introgression of the *aegilops* subgenomes. This fact does not explain the decrease of photosynthetic rate in the transition from tetraploid to hexa- and octoploid levels. So we suggest that this might be the result of the changes in the conditions for CO<sub>2</sub> diffusion to carboxylation centers in leaf of modern species caused by the structural rearrangement of leaf mesophyll during the evolution of genus *Triticum* L. The study of phototrophic tissues structure in wheat and *aegilops* leaves in relation to genome constitution revealed that the enlargement of leaf surface in modern

wheat species was caused by the increase of cell volume (1.3-fold) and their number in leaf according to the rise of chromosome number in the nucleus. These effects were caused by more intensive cell division and elongation during ontogenesis. The increase of cell volume did not influence on the plastid-to-cytoplasm relations in cells, as the number of chloroplasts increased proportionally to cell surface. This trend caused the decline of cell number and chloroplast number per unit leaf area 1.2-1.5-fold. The interior leaf surface that participates in the conductance  $\text{CO}_2$  to the carboxylation centers is formed by the cumulative plasmalemma and outer chloroplast membrane surface. The decline of cell and chloroplast number per leaf unit area in each ploidy level led to the decline of cumulative inner assimilation surface and as a result – worse conditions for  $\text{CO}_2$  diffusion and lower photosynthetic rate in allopolyploids compared to ancestral species. The study of the structural and functional leaf organization in plants with different genomes shows the non-sufficient approach in analyses of allopolyploids from the position of polyploidy as the diverse origin of the genome strongly influence on the formation of photosynthetic parameters. The changes in leaf photosynthetic apparatus of allopolyploid species were often the same, as in autopolyploids. Mainly it relates to groups of species that originated from one ancestral form. In the majority of cases genome constitution influenced on the structure of photosynthetic apparatus and its functional characters.

It is well known that during wheat evolution plant productivity increased, but the photosynthetic rate per unit leaf area decreased (the so called «paradox of Evans»). One of the reasons that could explain this phenomenon is the genetic changes in photosynthetic activity of a single chloroplast caused by the introgression of *Aegilops* subgenomes to wheat genome. The other reason deals with the changes in interior organization of mesophyll: the decrease of chloroplast number per unit leaf area and interior assimilation area in leaf. From one side these changes were caused by the intensification of plant growth and the formation of a larger leaf area according to nuclear ploidy, that gives some advantages to modern allopolyploid forms compared to ancient diploid species. From the other side they provoked the decrease of photosynthetic rate per unit leaf area in polyploids due to worse conditions for  $\text{CO}_2$  diffusion to carboxylation centers in leaf.

**ОБ УЛУЧШЕНИИ КООРДИНАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ  
МЕЖДУ ФИЗИОЛОГАМИ И АГРОНОМАМИ**

**On the necessity of research coordination between physiologists  
and agronomists in studying cultural plants production process**

**В.В. Коломейченко**

Орловский государственный аграрный университет, г. Орел  
E-mail: *borpli@orel.ru*

В начале XX в. начались первые попытки по выяснению каких-либо связей между фотосинтезом и продуктивностью растений. Вначале предполагалось, что между этими показателями существует прямая зависимость. Однако в дальнейшем было установлено, что эта взаимосвязь значительно сложнее. Поэтому в дополнение к интенсивности фотосинтеза были предложены новые показатели. Большой вклад в разработку этой проблемы внесли российские и британские исследователи. В 1913-1919 гг. профессор кафедры земледелия Петровско-Разумовской сельскохозяйственной и лесной академии (ныне МСХА им. К.А. Тимирязева) А.Г. Дояренко впервые провел экспериментальное определение энергии, аккумулированной в процессе фотосинтеза, у различных полевых культур. В 1924 г. им были предложены средний и максимальный коэффициенты использования солнечной энергии полевыми культурами. В дальнейшем эти показатели стали рассчитывать не к суммарной солнечной энергии, а к ФАР, которая составляет от первой примерно 50 %. Эти показатели (КПД ФАР) до сих пор используются в физиологии растений и агрономии. В 1920 г. научные сотрудники Ротамстедской опытной станции (Великобритания) Бриггс, Кидд и Вест разработали новый показатель (чистая продуктивность фотосинтеза), который больше подходит для полевых опытов, чем интенсивность фотосинтеза. В 1941 г. Л.А. Иванов предложил уравнение, в котором биологическая продуктивность зависела от фотосинтеза и дыхания. Дальнейшее развитие этой проблемы связано с работами А.А. Ничипоровича. На XV Тимирязевских чтениях «Фотосинтез и теория получения высоких урожаев» (1956) он предложил добавить еще два дополнительных показателя в уравнение Л.А. Иванова: а) коэффициент эффективности процесса фотосинтеза (Кэф); б) коэффициент, характеризующий связь между биологической продуктивностью и хозяйственным урожаем (Кхоз.). Теория фотосинтетической продуктивности, сформулированная 50 лет назад, оказала положи-

тельное влияние на значительное улучшение сотрудничества и координации между физиологами и агрономами.

Изучение основных показателей фотосинтетической деятельности и продукционного процесса сельскохозяйственных культур было включено одной из главных проблем в Международную Биологическую Программу (1964-1974 гг.), в которой принимали участие научные учреждения АН СССР и ВАСХНИЛ, университеты и сельхозвузы. Большую роль в популяризации этих показателей среди агрономов и селекционеров сыграло постановление Президиума ВАСХНИЛ (1965 г.) по этой проблеме. В нем рекомендовалось всем НИИ, опытным станциям и сельхозвузам при постановке агротехнических опытов и в селекционной работе обязательно учитывать основные показатели фотосинтетической деятельности и продукционного процесса основных сельскохозяйственных культур.

Третий этап в развитии этой теории связан с работами А.Т. Мокроносова. По его мнению, в 80-90 гг. XX в. наша биологическая и агрономическая наука была близка к созданию общей теории продукционного процесса (теории урожая). Однако в начале 90-х гг. XX в. началось целенаправленное разрушение науки в нашей стране, в том числе биологической и агрономической. Если в 50-80-х гг. XX в. наша страна занимала лидирующее положение в мире по этой проблеме, то в конце XX в. началось резкое отставание. Кроме того, значительно ухудшилась координация, которая прекрасно функционировала в предшествующие годы.

В качестве примера можно привести работу Орловского отделения ОФР России, где хорошо налажена эта работа. За 15 лет были изданы следующие сборники: 1) «Биологические основы интенсивного растениеводства», 1993 (12 п.л.). 2) «Использование физиолого-биохимических методов и приемов в селекции и растениеводстве», 1994 (8 п.л.). 3) «Физиология растений – основа рационального земледелия», 1999 (16 п.л.). 4) «Вопросы физиологии, селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур», 2001 (6 п.л.). 5) «Продукционный процесс сельскохозяйственных культур», в 3 частях, 2001 (32 п.л.). 6) «Физиологические аспекты продуктивности растений», в 2 частях, 2004 (36 п.л.). 7) «Регуляция продукционного процесса сельскохозяйственных растений», в 2 частях, 2006 (44 п.л.). Кроме того, изданы следующие монографии и учебные пособия: 1) Беденко В.П., Коломейченко В.В. «Фотосинтетические аспекты продукционного процесса озимой пшеницы», 2001 (10 п.л.); 2) Беденко В.П., Коломейченко В.В. «Основы продукционного процесса растений», 2003 (16 п.л.); 3) Лаханов А.П., Коломейченко В.В. и др. «Морфофизиология и продукционный процесс гречихи», 2004 (25 п.л.);

4) Коломейченко В.В. «Продукционный процесс и устойчивость растений», 2005 (25 п.л.). В подготовке данных работ принимали участие физиологи и агрономы.

Таким образом, за прошедшие 50 лет была проведена большая работа по изучению продукционного процесса культурных растений, но координация проводимых исследований требует дальнейшего совершенствования.

**CALLISIA FRAGRANS (LINDL.) WOODSON  
КАК ПРОДУЦЕНТ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Biosynthesis of physiological active compounds  
in *Callisia fragrans* (Lindl.) Woodson**

**В.В. Кондратьева, Д.В. Курилов<sup>1</sup>, Т.В. Воронкова, Л.С. Олехнович,  
О.В. Шелепова, О.Л. Енина, Е.Б. Кириченко**

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, г. Москва

<sup>1</sup> Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, г. Москва

E-mail: [evkir@list.ru](mailto:evkir@list.ru)

Исключительный интерес, проявляемый в последний период к растениям *Callisia fragrans* (более известное название-золотой ус), обусловлен особыми свойствами обмена веществ, которые, следует признать, остаются совершенно не изученными. В официальной медицинской литературе до сих пор отсутствуют достоверные физиологические и биохимические характеристики этого перспективного лекарственного растения. Терапевтический эффект в высокой степени детерминируется возрастным состоянием организма и отдельных органов, физиологическим состоянием последних, что, в свою очередь, зависит от температурных, световых и других условий культивирования. В конечном итоге, каждый орган, отличаясь своими биологическими свойствами, может обладать сильно отличающейся терапевтической ценностью. С ботанической точки зрения у рассматриваемого растения идентифицируемы следующие вегетативные органы: а) главный побег (вертикальный); б) горизонтальные побеги (усы); в) листья главного побега; г) редуцированные листья (горизонтальных побегов); д) апексы (горизонтальных побегов).

Исходя из вышеизложенного нами было начато данное исследование с целью дать первичную дифференцированную биохимическую характеристику различных органов этого малоизученного лекарственного растения.

Опытные растения были выращены из исходных черенков, изо-



лированных от горизонтальных побегов. Культивировали их до физиологически зрелого состояния в культивационной камере при продолжительности фотопериода 16 ч, при интенсивности белого света 3 клк., температурном режиме  $25 \pm 1$  °C/ $18 \pm 1$  °C. Растения выращивали в вегетационных сосудах на почвенной среде.

Для анализов использовали растения с десятью междоузлиями на горизонтальных побегах.

Содержание салициловой кислоты определили в нашей лаборатории с помощью модифицированного метода основанного на использовании на конечном этапе высокоэффективной жидкостной хроматографии. Содержание хлорофиллов а и b, и суммы каротиноидов определили по методу Лихтеналера и Вельбена; содержание микроэлементов – методом атомно-абсорбционной спектрометрии на ААС Z-6000 фирмы Хитачи.

Характеристики пигментного аппарата вегетативных органов свидетельствуют о нормальном физиологическом состоянии сформировавшихся в выбранных для культивирования опытных растений световых и температурных условиях. Относительно низкое отношение хлорофилл а/хлорофилл b и высокое отношение хлорофиллы/каротиноиды указывает на то, что в вегетативных органах опытных растений сформировался пластидный аппарат теневого типа с особенностями, присущими растениям с СЗ-типом фотосинтетического метаболизма.

Вегетативные органы существенно отличаются по содержанию от физиологических соединений. По уровню содержания флавоноидов выделяются листья горизонтальных и главного побегов, по содержанию салициловой кислоты – главные побеги (усы). Наибольшее содержание хлорогеновой кислоты выявлено в апексах и редуцированных листьях горизонтальных побегов

Оценивая данные анализа содержания типологически важных микроэлементов в вегетативных органах *Callisia fragrans*, можно отметить высокий уровень Zn, Cu, Sr и Ni в стебле главного побега. Листья главного побега отличаются исключительно высоким содержанием ионов железа. Сравнительно сходное содержание в изученных органах выявлено Cr, Pb и Cd.

В дальнейших исследованиях нами были получены следующие результаты:

Разработан вариант клонального микроразмножения *in vitro* каллисии душистой, позволяющий получать жизнеспособные регенеранты в годичном цикле воспроизводства исходного материала.

Репродуцированные *in vitro* растения каллисии душистой обладают относительно высоким содержанием физиологически активных соединений (салициловая и фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды). Использование хромато-масс-спектрометрии позво-

лило идентифицировать более 20 компонентов, среди которых: алифатические предельные спирты, C10-C18 разветвленные спирты, алифатические моноеновые спирты (фитол), ванилиновая кислота, ванилин, триеновый углеводород биформен из группы изопреноидов лабданового ряда, финонтрен из группы трициклических соединений, витамины токоферольного ряда ( $\alpha$ - и  $\beta$ -токоферолы), сквален из ряда тритерпеноидов, амид эруковой кислоты, лупеол, бетулин.

### МЕТАМЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖДОУЗЛИЙ ПОБЕГА ПШЕНИЦЫ

#### Metameric features of the wheat stem organization

**В.В. Коробко, С.А. Степанов**

Саратовский государственный университет, г. Саратов  
E-mail: *biofac@sgu.ru*

Изучение метамерных особенностей роста и развития междоузлий стебля пшеницы представляется актуальным, так как изучение морфогенеза отдельных метамеров, их взаимосвязей способствует выявлению закономерностей становления жизненных форм. В процессе роста и развития побега формируется своеобразная система корреляционных связей между метамерами, которая проявляется в особенностях анатомической организации тканей побега.

Объектом для изучения метамерных особенностей анатомической организации междоузлий побега являлся сорт мягкой яровой пшеницы Саратовская 36, взятый в качестве модельного по некоторым признакам.

Анатомическая организация эпикотила существенно отличается от анатомической организации надземных междоузлий. Особенности анатомической организации эпикотила связаны с условиями роста данного междоузлия под влиянием давления, при котором наибольшее действие механических сил передается на части, расположенные ближе к центру. Отмечена значительная (23-24 %) доля коровой части на поперечном сечении, по сравнению с вышележащими междоузлиями. Проводящие пучки осевого цилиндра сдвинуты к центру, что является характерным признаком организации подземных побегов типа корневища. Проводящая система эпикотила представлена проводящими пучками двух типов. По периферии центрального цилиндра расположены крупные проводящие пучки, имеющие характерное для злаков строение, хорошо выраженные механические обкладки, сливающиеся с механи-

ческим кольцом. Между крупными пучками находятся пучки переходной формы между коллатеральным и концентрическим типами с менее выраженной обкладкой. Два проводящих пучка, характеризующихся малыми размерами, смещены к центральной части осевого цилиндра. Расположение проводящих пучков в центральном цилиндре, а также наличие проводящих пучков в коровой части обусловлены положением эпикотила в системе метамеров побега.

Выявлены метамерные особенности анатомической организации междоузлий вышерасположенных метамеров побега Саратовской 36. Междоузлия пятого, шестого и седьмого метамеров максимального диаметра достигают в средней части, минимального – в базальной. Для колосонесущего междоузлия характерно меньшее значение исследованного признака в верхней части ( $1.54 \pm 0.09$  мм), по сравнению со средней ( $1.99 \pm 0.1$  мм) и базальной ( $1.66 \pm 0.08$  мм) частями. Толщина стенок соломины пшеницы уменьшается в направлении от базальных междоузлий к колосу и составляет в средней части междоузлий от  $0.31 \pm 0.04$  до  $0.76 \pm 0.07$  мм.

Существенные различия установлены в развитии первичной коры. Первичная кора междоузлий, принадлежащих метамерам пятого, шестого, флагового листьев и колосоножки, представлена участками фотосинтезирующей ткани. Тангентальные размеры группы клеток ассимиляционной паренхимы составляют от  $70 \pm 3$  до  $140 \pm 6$  мкм, радиальные – от 9 до 13 мкм. В нижних междоузлиях первичная кора расположена под эпидермисом непрерывным кольцом. К центру от первичной коры нижних междоузлий формируется механическое кольцо, образованное склеренхимными волокнами перициклического происхождения, и волокнами механических обкладок пучков.

Количество проводящих пучков увеличивается от пятого междоузлия ( $40 \pm 1$ ) к седьмому ( $46 \pm 2$  шт.). Общее число проводящих пучков в колосонесущем междоузлии составляет  $35 \pm 2$  шт. и соответствует количеству групп клеток ассимиляционной ткани.

На протяжении междоузлий отмечены изменения размеров проводящих пучков. В колосонесущем междоузлии размеры пучков и составляющих их элементов увеличиваются в базальном направлении. Диаметр больших проводящих пучков составляет от  $100 \pm 8$  до  $116 \pm 6$  мкм. В трех нижерасположенных междоузлиях наблюдается увеличение радиальных размеров проводящих пучков в базальном направлении при сохранении тангентальных параметров пучков. Диаметр всех сосудистых элементов проводящих пучков в верхней части междоузлия меньше, чем в средней и в основании, за исключением растяжимых сосудов крупных пучков, диаметр которых уменьшается от верхней части к основанию междоузлия. Диаметр пористых сосудов колосонесущего междоузлия от

23.1±3.3 до 33.0±2.1 мкм, кольчатых и спиральных – от 14.6±1.2 до 21.7±1.7 мкм. Размеры проводящих пучков междоузлий, принадлежащих метамерам второго и третьего листьев, а также диаметр их сосудистых элементов, остаются постоянными на протяжении междоузлий. Диаметр пористых сосудов крупных пучков составляет 23.2±0.2 мкм, кольчатых и спиральных 17.5±0.5 мкм.

Установленные закономерности дополняют существующие представления об анатомической организации важнейшей сельскохозяйственной культуры – пшеницы, и открывают перспективы для дальнейших исследований механизмов коррелятивных взаимоотношений между органами на уровне целого растения.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБЛУЧЕНИЕ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ И ИХ УСТОЙЧИВОСТИ К СТРЕССОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ**

##### **Additional low intensity light as a factor of plant productivity and stress-resistance enhancement**

**А.А. Кособрюхов, В.Д. Креславский**

Институт фундаментальных проблем биологии РАН, г. Пущино

E-mail: [kosobr@rambler.ru](mailto:kosobr@rambler.ru)

Имеющиеся многочисленные данные в литературе свидетельствуют о видовой специфичности ответа растений на спектр облучения, а также о важности отдельных участков спектра в процессе выращивания растений (Бухов, Тихомиров, Карначук). Результаты наших исследований показывают увеличение продуктивности растений на 30-50 % при дополнительном их облучении низкоэнергетическим красно-оранжевым светом видимой области с максимумом 625 нм.

Получение дополнительного к основному освещению низкоэнергетического облучения возможно путем использования фотолюминофоров, трансформирующих УФ радиацию в оранжево-красную компоненту видимого диапазона оптического спектра. Основанием для такого подхода являются результаты работ некоторых исследователей, а также наши данные по биостимулирующему действию света с длиной волны 625 нм на продукционный процесс растений. Другим аспектом, по которому использование люминофоров привлекает внимание практиков и исследователей, является повышение устойчивости растений к действию неблагоприятных факторов при условии их предварительного облучения крас-

ным светом.

Одной из основных причин слабого использования светопреобразующих материалов является недостаточная технологическая и научная проработка данного вопроса. С одной стороны – необходимо решение отдельных технологических вопросов, с другой – выяснение механизмов, лежащих в основе стимулирующего эффекта дополнительного облучения растений, что позволит целенаправленно использовать его для регулирования продукционного процесса и повышения стресс-устойчивости разных видов растений.

В условиях искусственного выращивания растений в вегетационных камерах получение дополнительного к основному освещению низкоэнергетического облучения с максимумом 625 нм возможно в результате применения в светокультуре светодиодов, излучающих в данном диапазоне.

Использование светоизлучающих диодов вызывает в последнее десятилетие большой интерес, что связано с их высокой светоотдачей, возможностью регулирования спектра излучения, длительным рабочим ресурсом и другими факторами. Перечисленные свойства светодиодов делают их весьма перспективными для применения в различных системах по выращиванию растений, но требуют:

а) анализа влияния светового излучения на рост и развитие растений с учетом композиции применяемых светодиодов, видовых и сортовых особенностей растений;

б) оптимизации конструктивных и технологических параметров блока освещения.

Таким образом, использование светодиодов также связано с решением технологических задач и, что более важно, – теоретических аспектов влияния различных участков спектра, их сочетания, на продукционный процесс растений. Физиологические механизмы, обеспечивающие положительный эффект дополнительного облучения, остаются невыясненными. Имеющиеся литературные данные свидетельствуют о значимости отдельных резонансных линий в спектре облучения, необходимости учитывать видовой характер ответа растений на спектр облучения.

Цель работы – оценка биостимулирующего действия низкоэнергетического облучения растений в оранжево-красной области спектра на рост и развитие растений, а также на их стресс-устойчивость. Проведенные исследования позволили выявить реакцию фотосинтетического аппарата, отдельных метаболических процессов растений в ответ на дополнительное их облучение с максимумом в области 625 нм, сформулировать гипотезу о возможных механизмах трансдукции светового сигнала. Полученные результаты позволяют целенаправленно использовать низкоэнергетичес-

кое облучение растений для регулирования производственного процесса и повышения их стресс-устойчивости.

### ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ РЕПРОДУЦИРОВАНИЯ

#### Ecophysiological evaluation of potato sowing material in reproduction process

**З.П. Котова**

Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция  
РАСХН, Прионежский район, с. Новая Вилга  
E-mail: [zinaida\\_kotova@mail.ru](mailto:zinaida_kotova@mail.ru)

Сорта картофеля, районированные в той или иной зоне, наиболее полно используют агроклиматические ресурсы района выращивания. Но только семенной материал высокого качества позволит реализовать потенциал сорта в полной мере (Трофимец, 1993).

Климатические особенности Республики Карелия, относящейся к Северному региону, диктуют определенные условия выращивания оздоровленного семенного материала, в частности, миниклубней картофеля в защищенном грунте. Достаточно благоприятные условия пленочно-марлевых теплиц (регулярные поливы, отсутствия резких колебаний дневных и ночных температур и т.д.) позволяют получать с одного метра квадратного до 600 шт. миниклубней. В дальнейшем репродукции семена картофеля выращиваются в условиях открытого грунта, где растения подвержены действию различных агроклиматических факторов.

Цель данной работы – оценка семенного материала, полученного в процессе размножения по свето-температурной характеристике и биометрическим показателям на начальных фазах развития. Были использованы миниклубни, выращенные в условиях изоляции и части (глазки), взятые из целых клубней первого полевого поколения некоторых районированных сортов картофеля, различающихся по скороспелости: Пушкинец (ранний), Невский, Детскосельский (среднеранние), Нида (среднепоздний). Растения выращивали в песчаной культуре при поливе половинным раствором Кнопа, температуре воздуха 23/18 °С (день/ночь), освещенности 10-12 клк, фотопериоде 16 часов. В фазе трех-четырех настоящих листьев сосуды помещали в установку для исследования CO<sub>2</sub>-

газообмена с инфракрасным анализатором. Результаты опытов, обработанные методами регрессионного анализа, позволили получить нелинейные уравнения взаимосвязи с условиями среды, которые можно рассматривать как эколого-физиологическую характеристику сортов (Курец, Попов, 1991).

Исследования показали, что в фазе трех-четырех настоящих листьев (фаза всходов) растения, выращенные из глазков, т.е. прошедшие адаптацию в полевых условиях, имеют более выровненные показатели по реакции растений на условия среды, чем мини-клубни: ранние дружные всходы, высокую продуктивность по ассимиляции  $\text{CO}_2$ . При рассмотрении биометрических показателей в пересчете на одно растение отмечено, что растения, выращенные из мини-клубней, имеют большую облиственность, общую сухую массу растений, площадь листьев, чем растения, полученные из части клубня. В зависимости от скороспелости сорта соотношение общей сухой массы растения к сухому весу листьев уменьшается, а к весу корней – увеличивается, т.е. на начальных этапах развитие растений направлено у ранних сортов на усиленный рост корневой системы и как следствие – накопление ранней товарной продукции, а у среднеранних и среднеспелых – создание более мощного ассимиляционного аппарата и получение наибольшего урожая клубней.

Выявлены световые и температурные параметры потенциального максимума нетто-фотосинтеза. Из исследованных сортов более свето- и теплолюбивее ранний сорт Пушкинец, оптимум фотосинтеза которого достигается при освещенности 55 клк и температуре 28 °С. Более требовательны к температуре и освещенности растения, выращенные из глазков. Наименьшие требования к освещенности (44 клк) и температуре (20 °С) на ранних фазах развития предъявляет среднеспелый сорт Нида.

Таким образом, изучение совместного влияния внешних факторов может быть использовано для эколого-физиологической характеристики сорта, в том числе для быстрой оценки как селекционного, так и семенного материала в процессе вегетативного размножения.

**АЦИДОФИЦИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ  
В ВЫТЯЖКАХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПО ОКУЛЬТУРЕННОСТИ ПОЧВ****Wheat seedling acidifying activity in the extracts from the soils  
of various fertility level****Ю.С. Ларикова, М.Н. Кондратьев**

Российский государственный аграрный университет

им. К.А. Тимирязева, г. Москва

E-mail: [yulialarikova@rambler.ru](mailto:yulialarikova@rambler.ru)

Проблемы регулирования минерального питания растений постоянно находятся в центре внимания физиологов растений, а в связи с открытием мембранных белков, транспортных АТФаз, активируемых катионами и способных генерировать электрический ток, возникли новые теоретические подходы к построению «обобщенной картины» поступления и накопления веществ в растительной клетке. Центральное место в растениях при этом отводится функционированию электрогенных насосов  $H^+$ , генерирующих мембранный потенциал, который в свою очередь используется для трансмембранного переноса  $K^+$ . Движущей силой анионов, поступающих в симпорте с протонами, выступают градиент рН и мембранный потенциал клеток. Ожидается, что изменение рН питательной среды и условий генерации мембранных потенциалов будет отражаться на протондвижущей силе и, соответственно, на движущих силах ионов  $K^+$  и анионов.

Одной из проблем при изучении корневого питания растений является поддержание внешнего (по отношению к корням) рН-гомеостаза для беспрепятственного поглощения ионов элементов минерального питания. Ацидофицирующая деятельность корневой системы растений заключается в том, что за счет выделения в окружающий раствор отрицательно или положительно заряженных частиц растение создает себе «комфортные условия» для поглощения основных элементов питания. Растения могут выбирать (или настраивать) оптимальный режим обмена веществом и энергией со средой, усиливая (или ослабляя)  $K^+/H^+$  обмен и сопряженный транспорт протонов и анионов в зависимости от экологических условий. С точки зрения физиологии растений ответственным периодом у проростков озимой пшеницы будет переход от гетеротрофного к автотрофному типу питания (5–10-дневные проростки, в зависимости от величины зерновки). Адаптационную способность корневых систем в связи с различными морфофизиологическими характеристиками таких проростков можно оценить по ацидофицирующей способности как интегрального показателя их жизне-



деятельности. Кинетика изменения рН среды корневой системы растений является интегральным показателем состояния поглощения катионов и анионов зонами корня.

В наших исследованиях изучалось поведение проростков озимой пшеницы, выращенных из зерновок разной выполненности, обладающие разными морфофизиологическими характеристиками (средние зерновки – фракция 2.5 и мелкие и щуплые зерновки – фракция 1.8). Разнокачественность предполагает определенные различия в морфофизиологических особенностях. Исследования проводились на водных вытяжках, полученных из дерново-подзолистых почв с различной мощностью перегнойного и подзолистого горизонтов.

Работа протонной помпы рассматривается на фоне ее многофункциональности с позиции поддержания внешнего рН-гомеостаза и внутреннего катионно-анионного баланса. Этот баланс необходим растительной клетке для того, чтобы обеспечивать оптимальную активность ферментативных систем клетки, обеспечивающих нормальный ход обменных процессов. Другой функцией этого баланса является удержание рН-цитоплазматического матрикса на строго фиксированном уровне (7.3-7.5 ед. рН). Выяснено, что в водных вытяжках почв количества калия вполне достаточно, чтобы в первые часы эксперимента активировать работу  $K^+$ -активируемой  $H^+$ -АТФазы, обеспечивающей генерацию электрического потенциала на плазмалемме клеток корней за счет «выброса» в раствор  $H^+$ . Это подтверждается «закислением» (снижением рН) водной вытяжки. После того, как запас ионов  $K^+$  был исчерпан, закисление прекращалось и рН постепенно возрастал. В последующем основной стратегией корневых систем было поддержание внешнего рН-гомеостаза, что является результатом строгого контроля клетками катионно-анионного баланса цитоплазматического матрикса. В поддержании внешнего рН-гомеостаза могут участвовать все положительно и отрицательно заряженные частицы, способные транспортироваться через мембраны клеток. Исследования показали, что по морфофизиологическим характеристикам проростки из полноценных зерновок превосходили проростки из щуплых зерновок, но удельная активность корней проростков из щуплых зерновок была выше таковой проростков из выполненных зерновок. Проростки из щуплых зерновок вследствие быстрого использования запаса метаболитов эндосперма вынуждены быстрее формировать надземные органы для обеспечения поступления фотоассимилятов и активировать деятельность корневых систем для обеспечения поступления элементов минерального питания. В условиях оптимальной фотосинтетической деятельности и близких к оптимальным условиям корневого питания

проростки, сформировавшиеся из щуплых зерновок, по своему развитию могут сравняться с проростками из выполненных зерновок. Ответная реакция ацидофицирующих механизмов, ответственных за поддержание катионно-анионного баланса клеток, корней, определяется условиями соответствующих почв и морфофизиологическими характеристиками самих проростков.

### ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ ЗЕРНОВОК ПШЕНИЦЫ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ВЫПОЛНЕННОСТИ

#### Protein fraction composition of wheat caryopsis depending on the filling stage

Ю.С. Ларикова

Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева,  
г. Москва

E-mail: [yulialarikova@rambler.ru](mailto:yulialarikova@rambler.ru)

Исследования проведены на трех сортах озимой пшеницы: Мироновская 808, Звезда, Нана с фракциями щуплых, выполненных и хорошо выполненных зерновок.

Среди изученных параметров зерновок пшеницы различных фракций в наибольшей степени варьировала их длина. Существенные отличия по этому показателю наблюдались как между зерновками различных фракций в пределах сорта, так и между зерновками одной фракции у разных сортов. С увеличением толщины зерновок в пределах конкретной фракции, как правило, увеличались их длина и ширина. Наибольшая вариабельность в параметрах отмечалась для фракции щуплых зерновок. В целом объем зерновок возрастал адекватно увеличению размера фракции. Наибольшим объемом зерновок в пределах исследованных фракций характеризовался сорт Нана, наименьшим – Мироновская 808. Сортные различия по объему зерновок одной и той же фракции варьировали (в мм<sup>3</sup>) для фракции щуплых зерновок – от 15.5 до 22.6, для фракции выполненных зерновок – от 33.0 до 39.0, для фракции хорошо выполненных зерновок – от 47.6 до 55.1. Данное обстоятельство является прямым доказательством определенной условности фракционирования зерна на щелевых ситах.

Колебания массы 1000 зерен в пределах одной фракции между сортами озимой пшеницы были существенно меньшими, особенно для щуплой фракции. Максимальные различия для выполненных фракций и хорошо выполненных не превышали, соответственно, 18 и 11 %. Наибольшая масса 1000 зерен для всех фракций отмечалась у сорта Нана.

На основании установленных параметров зерновок различных фракций практически невозможно ответить на вопрос о достоинствах и недостатках каждой из них в отношении потенциальной жизнеспособности будущих проростков и продуктивности взрослых растений. В связи с этим представлялось целесообразным рассмотреть такие морфофизиологические показатели зерновок, как отношение эндосперм : зародыш, содержание азота, фракционный состав суммарного белка.

Масса зародыша была наименьшей у зерновок щуплой фракции и наибольшей – у хорошо выполненной фракции. Различия в зависимости от сорта пшеницы составляли: для Мироновской 808 – в четыре раза, Звезды – 3.7, Наны – 3.8. Однако соотношение эндосперм : зародыш колебалось в меньшей степени. И хотя оно было шире у хорошо выполненных зерновок, по сравнению с щуплыми и выполненными фракциями, разница составляла не более 200 %. Это говорит о том, что щуплость зерновок прежде всего обусловлена снижением массы зародыша, а уже потом – эндосперма.

Химический анализ зерновок озимой пшеницы различной степени выполненности показал, что абсолютное содержание азотистых соединений (в мг на 1 зерновку) тесно коррелирует с массой 1000 зерен ( $r = 0.93$ ). Относительное содержание общего N (в % на сухую массу) не имеет четко выраженных закономерностей в зависимости от степени выполненности зерновок, но имеется определенная специфика в связи с сортом культуры. Практически не зависело процентное содержание N в зависимости от выполненности зерновок у Мироновской 808, у Звезды наибольшая концентрация азота была в щуплых зерновках, а у сорта Нана – в выполненных и хорошо выполненных зерновках.

Анализ фракционного состава суммарного белка зерновок различной степени выполненности показал, что качественный состав белков существенно определяется как степенью выполненности зерновки, так и сортом пшеницы. Абсолютное содержание (в мг на зерновку) фракции легкорастворимых белков (альбуминов и глобулинов), преимущественно локализованных в зародышах, было одинаковым у щуплых зерновок всех исследованных сортов. С увеличением массы зародыша в нем возрастало и содержание легкорастворимых белков, хотя этот рост был менее интенсивен по сравнению с накоплением в зерновках клейковинных (труднорастворимых) белков. Именно труднорастворимые белки эндосперма являются тем фондом белков, который обеспечивает рост проростка. С этих позиций в наилучшей степени обеспечены запасными белками как источником аминокислот для синтеза белков растущих органов проростки, образующиеся из хорошо выполненных зерновок сорта Нана, которые содержат проламинов и глютелинов больше

по сравнению с соответствующими по выполненности зерновками сорта Мироновская 808 – на 68 и сорта Звезда – на 43 %.

Таким образом, зерновки различных фракций различаются по целому ряду морфофизиологических показателей: массе 1000 зерен, массе зародышей, отношению эндосперм : зародыш, содержанию азотистых соединений, фракционному составу белков. Фракции выполненных и хорошо выполненных зерновок имеют большую массу зародышей и содержат больше азотистых соединений. Имеются определенные сортовые отличия при описании названных показателей применительно к фракциям зерна.

#### ПОЛИВАРИАНТНОСТЬ РАЗВИТИЯ САМООПЫЛЯЮЩИХСЯ РАСТЕНИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ ПРЕ-ВЕГЕТАЦИИ

##### Polyvariant development of autogamous plants under pre-vegetation limitative factors

Н.А. Лыкова

Агрофизический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [nlykova@agrophys.ru](mailto:nlykova@agrophys.ru)

Эколого-физиологические аспекты неоднородности семян, которые при определенных условиях могли бы проявиться в формировании количественных признаков продуктивности злаков, привлекают внимание многих исследователей. Непрерывность морфогенеза обязывает нас не прерывать исследовательских рамок событием «семя», а именно сформировавшееся семя – вегетативный – генеративный периоды развития – зрелое растение. Эффект пре-вегетации – это явление, при котором среда материнского поколения может изменить онтогенез потомственных растений.

В опытах по исследованию поливариантности развития растений в зависимости от факторов среды пре-вегетации и вегетации вели двухгодичный мониторинг изменения условий среды (метеорологические и почвенные характеристики). Использовали семена первой репродукции *Triticum aestivum* L. (сорта яровой пшеницы Ленинградка, Крепыш, Иргина, Саратовская 29, Московская 35, сорта озимой пшеницы Мироновская 808, Галина, Немчиновская 24 и Московская 39) и *Hordeum vulgare* L. (сорта Криничный, Суздалец, Эльф). Семена формировались в условиях Ленинградской или Московской областей (пре-вегетация растений), экологическая неоднородность семян испытывалась в Курской области (вегетация, собственно эксперимент). Характеризовали онто-

генетическую адаптивность растений. Для этого на протяжении онтогенеза препарировали 20-30 растений с сортоварианта для промера длины и ширины листьев, влагалища листа, междоузлий по ярусам. Характеристика приспособленности растений к условиям среды выражалась отношением длины листовой пластинки предыдущего метамера к последующему  $L_{n-1}/L_n$ . При благоприятных условиях роста каждый следующий лист был длиннее предыдущего вплоть до развития последнего вегетативного метамера. Уменьшение длины листа относительно предыдущего давало показатель, больший 1, показывающий, что условия произрастания стали на этом этапе развития неоптимальными. Также вычислены функции регрессии отношения длин листьев  $L_{n-1}/L_n$  в зависимости от суммы накопленных температур к моменту формирования листа исследуемого метамера. Определена температура переломного момента в развитии растений (сумма накопленных температур для  $L_{n-1}/L_n \geq 1$ ).

Лимитирующие факторы пре-вегетации воздействовали на формирование двух последних вегетативных метамеров во время вегетации. Лучшие семена могли соответственно разности температур 6.3-81.7 °C в зависимости от сорта продлить период адаптивного роста предпоследнего и последнего метамера до трех дней. Три дня дополнительной адаптивности на этом этапе развития растений совпадали с формированием большей массы зерна с колоса главного побега в контроле без удобрений. У ячменей период влияния лимитирующих факторов пре-вегетации на онтогенетическую адаптивность был не более одного дня (разность суммы температур 12.7-16.5 °C) и приходился на формирование шестого метамера. Что практически не влияло на дальнейший рост растения и среднюю массу зерна с колоса главного побега.

Условия предшествующей вегетации действовали на процессы в составе блока сопряженно растущих частей побега после отрастания шестого и последующих метамеров во время вегетации растений, в том числе на видимый рост быстрорастущих листьев верхних вегетативных метамеров. Что сказывалось потом и на усилении продуктивности растений пшеницы под воздействием факторов пре-вегетации. Напротив, для ячменя изменение адаптивности растения из-за условий пре-вегетации на уровне шестого вегетативного метамера косвенно касалось только скрытого роста двух верхних метамеров, а потому не оказывало существенного влияния на продуктивность растений.

Для злаковых самоопыляющихся культур эффект пре-вегетации сказывался на изменении значений таких количественных признаков, как кустистость, масса растения, масса зерна, и влиял на некоторые биохимические показатели (содержание пигментов,

протеина, N, P, K в растении) и адаптивность. Необходимыми условиями для обнаружения эффекта пре-вегетации у самоопыляющихся растений являются: 1) пограничные (лимитирующие) значения средовых параметров в течение пре-вегетации и 2) соответствующий (чувствительный к эффекту пре-вегетации) генотип растения. Использование генотипов, подверженных эффекту пре-вегетации, может увеличить ошибку в экофизиологических экспериментах, особенно при исследовании стресса растений.

Для отсутствия рисков поливариантности развития растений под воздействием факторов пре-вегетации необходимо осуществлять контроль над условиями формирования семян (отсутствие засухи, болезней растений, излишнего увлажнения почвы, оптимальный режим питания растений), обмолота колосьев (без травмирования зерновок) и хранения семян (при комнатной температуре не более года).

#### **ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ НОРМЫ РЕАКЦИИ ПО КОЛИЧЕСТВЕННЫМ ПРИЗНАКАМ РАСТЕНИЙ В КОМПЛЕКСНОМ ГРАДИЕНТЕ СРЕДЫ**

#### **The evaluation of genetical reaction norm stability on quantitative characters of plants in a complex gradient of environment**

**Н.А. Лыкова**

Агрофизический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [nlykova@agrophys.ru](mailto:nlykova@agrophys.ru)

Выявление фундаментальных закономерностей взаимодействия отдельных растений, растительных сообществ и сопутствующей биоты с физическими факторами в агроэкосистемах, включая температурные условия, эдафические факторы (свойства корнеобитаемой среды, наличие в ней минеральных веществ, воды, солей и т.д.), является одной из задач агрофизики. В агрофизике широко используются методы математического моделирования продукционного процесса, устойчивости агроэкосистем. Выявление закономерностей в системе растение–среда и разработка информационно-технического обеспечения биополигонов – также задачи агрофизики.

С другой стороны, исследование генетической нормы реакции на среду – это составная часть любого эколого-физиологического эксперимента. Особенно важно оценивать количественные признаки новых генетических форм растений, сортообразцов, сортов, линий, гибридов и т.п. Сорты и гибриды, характеризующиеся широ-

кой нормой реакции на среду по продуктивности и ценным физиолого-биохимическим свойствам, являются перспективными для селекционной работы. Сортовые популяции растений, характеризующихся высокой продуктивностью несмотря на давление факторов среды, способствуют формированию устойчивой агроэкосистемы и свидетельствуют о хорошем генетическом потенциале образца, его ресурсоэнергоэкономичности. Изучение реакции растений внутри растительного сообщества или в модельном эксперименте на физико-химические факторы среды в рамках параметрического подхода лежит в основе предлагаемой количественной оценки признаков. Оценка стабильности генетической нормы реакции по количественным признакам растений в комплексном градиенте среды позволяет: 1) определить среди группы образцов (гибридов) наиболее приспособленные к метеорологическим и почвенным факторам среды; 2) оценить образцы (гибриды) по отзывчивости на технологические факторы среды (регуляторы роста и т.п.); 3) выявить образцы, устойчивые к фитопатогенам в комплексном градиенте среды; 4) сократить сроки оценки генетической нормы реакции образцов (гибридов) по физиолого-биохимическим признакам; 5) сократить объем материала в эколого-физиологическом эксперименте и количество повторений. Соответственно выше перечисленным задачам были проведены: 1. Обоснование схемы эксперимента с малыми или большими выборками; 2. Обеспечение многофакторного эколого-физиологического эксперимента необходимыми техническими средствами (программное обеспечение, создание баз данных); 3. Выявление некоторых условий для повышения точности оценки образца в эколого-физиологическом эксперименте (например, требований к качеству семян); 4. Выявление диапазонов факторов среды, внутри которых образец будет характеризоваться устойчивым формированием количественных признаков на выбранном уровне, то есть широкой нормой реакции.

Моделирование генетической нормы реакции образца (гибрида) на среду проводили, используя данные по сортоиспытанию. В качестве объекта исследований были выбраны сорта *Triticum aestivum* L. и *Hordeum vulgare* L. Также проведены полевые, мелкоделяночные и опыты в условиях регулируемой агроэкосистемы в Ленинградской и Курской областях.

Принудительное снижение средних показателей продуктивности растений в испытании образцов (гибридов) (в ответ на расширение диапазона действующего фактора от недостатка к избытку) оказалось полезным с точки зрения более точной характеристики генетической нормы реакции растений на среду и позволяет сравнить однотипные образцы (например, сорта одной экогруппы).

Итак, для сравнения группы образцов в эколого-физиологи-

ческом эксперименте рекомендовано использовать модельный эксперимент с заданными двумя факторами среды с последующей программной обработкой данных. Такой подход позволяет точно и быстро описать стабильность формирования растениями количественных признаков (в том числе биохимических) под влиянием средней нагрузки, изучать реакцию растений на определенные физико-химические факторы среды на популяционном уровне в модельном эксперименте в лабораторных опытах и природной среде.

Используя модельный эксперимент и программную обработку данных, можно выбрать генотипы, характеризующиеся широкой нормой реакции по некоторым признакам, перспективные в дальнейшем использовании. Ранговая оценка широты нормы реакции признаков позволяет ввести универсальный показатель и сравнивать сорта независимо от единиц измерения признаков. Ресурсно-экологическая оценка среды позволяет сопоставлять данные эколого-физиологических экспериментов, проведенных с учетом разного комплекса факторов, например, эксперименты с образцами (гибридами), взятыми из разных пунктов в естественных условиях.

**ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КОРНЕВЫХ ЭКССУДАТОВ  
КАК ФАКТОР РЕГУЛЯЦИИ НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПОВ  
ФОРМИРОВАНИЯ СИМБИОЗА БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ С *RHIZOBIUM*  
В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ**

**Phenolic compounds of root exudates  
as a factor of regulation of initial stages  
of legume-rhizobium symbiosis formation in changing environment**

**Л.Е. Макарова, С.Е. Латышева, Е.В. Кузнецова**

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск  
E-mail: [makarova@sifibr.irk.ru](mailto:makarova@sifibr.irk.ru)

Начало симбиотических взаимодействий бобовых растений с *Rhizobium* происходит в ризосфере. Особое значение в инициации этих взаимодействий отводят экссудуемому растением в ризосфере фенольным соединениям (ФС), как вызывающим хемотаксис, влияющим на размножение микросимбионта и вызывающим экспрессию у последнего *nod*-генов. Состав, количество ФС, экссудуемых корнями растения-хозяина, и их биологическая активность в отношении микросимбионта находятся в зависимости от внешних воздействий.

В условиях различного освещения (при 1.7 тыс. люкс и при



отсутствии света), температуры (8, 22, 30-36 °С), под влиянием разных доз минерального азота ( $KNO_3$ ), при воздействии биологически активных веществ (силатранов), влияющих на рост корня, через одни сутки после инфицирования растений гороха (*Pisum sativum* L.) бактериями *R. leguminosarum* bv. *viceae* исследовали изменения в составе ФС, выделяемых корнями во внешнюю среду, и их биологической активности. Для оценки биологической активности и изучали влияние выделенных ФС на размножение *Rhizobium* и на экспрессию *nod*-генов, используя в качестве косвенных показателей этого процесса результаты микроскопических наблюдений за деформацией корневых волосков, развитием в них инфекционных нитей.

Показано, что неблагоприятные для роста растения-хозяина условия освещения, температуры приводили к снижению экссудации ФС и активности у них в отношении экспрессии *nod*-генов у микросимбионта. Активность фенольного комплекса в отношении размножения бактерий менялась незначительно. В некоторых случаях даже возрастала.

Проблема симбиоза бобовых растений с *Rhizobium* (второго по значимости после фотосинтеза) уже в течение многих десятилетий представляет широкое поле для исследований. При этом особый интерес представляют синтетические соединения, влияющие на ростовые процессы в очень низких концентрациях. К таковым относятся силатраны. Перспективы широкого практического применения в сельском хозяйстве потребовали выяснения их влияния на симбиоз бобовых растений с *Rhizobium*. Поэтому одним из направлений проводимой работы были исследования, направленные на изучение влияния на начальные этапы формирования симбиоза силатранов (1-метил-, 1-метил-4-хлор-, 1-этоксисилатраны), отличающихся, по нашим данным, по их влиянию на рост корней проростков гороха. При этом применяли концентрации силатранов, в которых они ингибировали ( $10^{-3}$  М), стимулировали ( $10^{-13}$  М) или не оказывали влияние ( $10^{-7}$  М) на рост корня. Было выявлено, что максимальные концентрации силатранов усиливали экссудацию ФС корнями, но активность их в отношении экспрессии *nod*-генов при этом снижалась (менее выражены процессы деформации, удлинения корневых волосков и появления инфекционных нитей в них).

Анализ составов ФС в корневых экссудатах растений различных вариантов выращивания позволил выявить в них существенные различия. В связи с этим результаты исследований позволили заключить, что ФС корневых экссудатов являются важным регуляторным фактором, определяющим ход начальных этапов симбиотических взаимодействий. Факторы внешней среды, по-видимому, воздействуют на процессы формирования симбиоза бобовых

растений с *Rhizobium* через влияние на метаболизм ФС в корневых клетках и на их экссудацию в ризосферу.

Работа по изучению влияния силатранов на экссудацию ФС корнями гороха выполнена при поддержке РФФИ—байкал-а № 05-04-97276.

### ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА ПОСЛЕ ПЕРЕЗИМОВКИ

#### Recovering peculiarities of vine bush cultivars damaged by winter injury

Р.Б. Малина, Н.Д. Рошка, Г.В. Шишкану

Институт генетики и физиологии растений АН Республики Молдова,  
г. Кишинев

E-mail: ifp\_direct@mail.md

Для неукрывной плантации виноградных насаждений решающее значение имеют метеорологические условия холодного времени года. Для типичной зимы климатической зоны Молдовы основным фактором риска для виноградников являются частые оттепели, внезапные кратковременные заморозки. Обычно повреждаются в разной степени глазки и невызревшие побеги. Длительная и морозная зима 2005-2006 гг. вызвала более глубокие нарушения тканей и затронула многолетнюю древесину. После воздействия таких экстремальных условий важно было изучить особенности приспособления различных сортов к быстрой регенерации посадок и сохранению урожайности. С этой целью в полевых условиях были исследованы четыре столовых сорта винограда: Молдова, Декабрьский, Шасла белая и Сурученский белый, различные по силе роста, срокам созревания ягод и устойчивости к низким температурам. По фазам вегетации проводилась оценка по следующим параметрам: биометрические показатели роста и развития побегов, площади листьев, содержание фотосинтетических пигментов, удельная поверхностная площадь листьев, накопление биомассы. По результатам учета состояния виноградника к началу вегетации большая часть многолетней древесины была сохранена у сорта Сурученский белый. Однолетние побеги сравнительно лучше перезимовали у сорта Шасла. Это, вероятно, связано с более мощным пробковым слоем и своевременным вызревaniem побегов, так как эти сорта имеют более короткий срок вегетации. В то же время обнаружено, что значительная часть побегов сорта Молдова вымерзла. Начальный этап вегетации может в определенной степени характеризовать устойчивость сорта к неблагоприятным температурам. У слабоустойчивых сортов сравнительно рано начинаются сокодви-

жение и распускание почек. Контрольные замеры показали, что длина побегов сорта Молдова, их масса, скорость роста значительно превосходили остальные сорта, при этом удельная плотность побегов была наименьшей. В создании сложных гибридов Молдова и Декабрьский использован сорт Сэйн Вилар, поэтому они проявляют сходные признаки архитектоники побегов и фотопериодической реакции, имеют длительный период вегетации и сохраняют скорость прироста на коротком дне. У сортов Шасла и Сурученский белый темпы роста и развития представлены четко выраженной одновершинной кривой с замедлением в начале и конце вегетации. Укороченный период созревания позволяет побегам своевременно подготовиться к неблагоприятным условиям перезимовки. Для восстановления плодоношения виноградных насаждений, поврежденных морозом, большое значение имеют темпы разветвления листового полога и устойчивая работа фотосинтетического аппарата во время вегетации. Крупные листья у сортов Молдова и Декабрьский раньше вступают в стадию зрелости, но их количество на побеге относительно незначительное. Шасла и Сурученский белый формируют оптимальную листовую поверхность за счет большого количества листьев на побеге. Несмотря на то, что в абсолютных цифрах масса и площадь листьев у сорта Декабрьский в три-четыре раза больше, чем у остальных сортов, относительная их продуктивность невелика. Это находит подтверждение и во внутренней организации структуры листа. Количество фотосинтетических пигментов в пересчете на единицу площади у сорта Шасла больше, чем у остальных сортов, несмотря на то, что общая площадь и масса листьев куста самые низкие. Следовательно, фотосинтетический аппарат сорта Шасла лучше приспособлен к местным условиям и работа его эффективнее. В течение вегетации сорт Молдова был наиболее продуктивным относительно произведенной биомассы единицей площади листа. Удельная поверхностная плотность листа для сортов Декабрьский и Молдова постепенно нарастает к концу сезона, а у сортов среднеспелых УППЛ была максимальна во время налива ягод и снижалась в конце вегетации, что свидетельствует о начале оттока ассимилятов из листьев. В течение летнего периода у сортов Декабрьский и Сурученский белый произошло полное восстановление структуры насаждений за счет новых побегов. У сорта Молдова, который обладает мощной энергией роста, очень крупными разветвленными побегами текущего года, тем не менее, восстановление было на уровне 60-70 % от вегетативной массы прошлого сезона. Урожайность сортов составила 90-50 % в порядке убывания: Сурученский белый, Шасла, Декабрьский, Молдова.

Таким образом, восстановление биомассы виноградных насаж-

дений и их плодородность зависят от фотопериодической реакции сорта, скорости разворачивания листового полога, продолжительности работы фотосинтетического аппарата, сортовых особенностей архитектоники побега и перераспределения ассимилятов между вегетативной массой и урожаем, создания благоприятных условий произрастания за счет агроприемов. На широте Молдовы сорта с длительным периодом вегетации (более 260 дней) не всегда успевают в достаточной мере подготовить надземную часть к сложным условиям зимы и в этот период несут значительные потери.

#### **ФЛАВОНОИДЫ КАК ЭНДОГЕННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ ТРАНСПОРТА ИУК В ПРОЦЕССЕ ПРОРАСТАНИЯ И РОСТА МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА ПЕТУНИИ**

#### **Flavonoids act as regulators of IAA transport during germination and growth of petunia male gametophyte**

**Ю.В. Минкина, Е.В. Захарова, Л.В. Ковалева**

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, г. Москва  
E-mail: [minkina\\_ylia@mail.ru](mailto:minkina_ylia@mail.ru)

Участие флавоноидов (ФЛ) в репродуктивном процессе растений неоднократно обнаруживалось во многих исследованиях, однако функции ФЛ в этом процессе остаются неясными. Согласно высказанной в 1960-х гг. идее, ФЛ могут контролировать рост и развитие растений, влияя на транспорт ауксинов (Thimann, 1965; Rubery & Jacobs, 1988). Регуляция транспорта ауксинов эндогенными флавоноидами *in vivo* установлена с помощью флавоноид-дефицитных мутантов арабидопсиса (Gupta et al., 2002). Анализ PIN белков и транспорта ауксина у флавоноид-дефицитных мутантов предполагает, что PID – медируемая киназная активность может модулироваться эндогенными ФЛ (Peer et al., 2004).

Согласно литературным данным (Murphy et al., 2000; Mathesius, 2001), совместная локализация ФЛ и ИУК в различных органах растений может свидетельствовать об участии ФЛ в регуляции транспорта ИУК. Целью данного исследования была проверка гипотезы о том, могут ли быть ФЛ эндогенными регуляторами транспорта ИУК в процессе формирования, прорастания и роста мужского гаметофита. Для этого определяли динамику содержания ИУК и ФЛ в спорофитных тканях пыльника, в тесном взаимодействии с которыми происходит развитие мужского гаметофита, в прорастающей *in vitro* зрелой пыльце и системе пыльца–пестик петунии.

Пыльцевые трубки культивировали в термостатируемых усло-

виях при 25-26 °С на среде, содержащей 15 %-ную сахарозу и 0.01 %-ную борную кислоту. Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрически с хлористым алюминием (поглощение при 415 нм), согласно методике (Запрометов, 1971). Содержание ИУК определяли методом ВЭЖХ.

Формирование пыльцевых зерен сопровождалось постепенным повышением содержания ИУК и накоплением ФЛ в развивающихся пыльниках. Зрелая пыльца содержала 60-70 нг ИУК/г сырой массы и 20 мг ФЛ/г сырой массы. Мужской гаметофит и спорофитные ткани пестика содержали одинаковые уровни ИУК, но различались по уровню ФЛ (низкий уровень ФЛ (2 мг/г сырой массы) в тканях пестика). Прорастание *in vitro* мужского гаметофита сопровождалось значительным (15-30 %) повышением содержания ИУК (в течение 2 ч) и ФЛ (в течение 1 ч). Экзогенные ИУК и ФЛ стимулировали на 25-30% как прорастание, так и рост *in vitro* пыльцевых трубок. Прорастание мужского гаметофита на восприимчивой поверхности рыльца в течение 1-2 ч, также как и *in vitro*, сопровождалось повышением уровней ИУК и ФЛ. Однако дальнейший рост пыльцевых трубок в тканях рыльца (от 2 до 4 ч после опыления), а затем и в тканях столбика (от 4 до 8 ч после опыления) сопровождался повышением уровня только ИУК при сохранении постоянного уровня ФЛ. Содержание ИУК возрастало в течение 8 ч после опыления во всех частях пестика, более значительно в тканях рыльца. Содержание ФЛ в тканях рыльца повышалось в первые 0.5 ч и сохранялось на постоянном уровне в течение последующих 6 ч.

Сравнительный анализ кинетики изменений в содержании ФЛ и ИУК в прорастающей *in vitro* пыльце, а также в системе пыльца-пестик *in vivo* и ее отдельных частях свидетельствует о том, что прорастание мужского гаметофита как *in vitro*, так и *in vivo* сопровождается повышением содержания ИУК, что в свою очередь коррелирует с повышением содержания ФЛ. Очевидно, выявленные нами корреляции в содержании ИУК и ФЛ являются существенным фактором формирования фертильности мужского гаметофита.

Полученные результаты послужили основанием для вывода о том, что ФЛ могут быть эндогенными регуляторами транспорта ИУК – одного из основных факторов регуляции роста и развития мужского гаметофита в прогамной фазе оплодотворения. Можно предположить, что в исследуемой нами системе ФЛ блокируют отток ауксина из прорастающего мужского гаметофита, тем самым повышая его внутриклеточную концентрацию, что в свою очередь способствует полярному росту пыльцевых трубок.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 06-04-48870).

**ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
НА РОСТ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ В КУЛЬТУРЕ  
И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С КОРНЯМИ ПРОРОСТКОВ ГОРОХА**

**Influence of nitrogen compounds on growth nodule bacteria in culture  
and their interaction with pea seedlings roots**

**Н.Б. Митанова, А.К. Глянько, Г.Г. Васильева**

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск  
E-mail: [ustaft@sifibr.irk.ru](mailto:ustaft@sifibr.irk.ru)

Известно ингибирующее влияние высоких доз минеральных азотных удобрений, особенно нитратных, на формирование и функционирование бобово-ризобияльного симбиоза. В то же время установлено, что высокие дозы N-удобрений не оказывают существенного влияния на рост клубеньковых бактерий в культуре (*in vitro*). Исходя из этого, можно предполагать, что в ризосфере высокие дозы минерального азота могут и не оказывать негативного влияния на клубеньковые бактерии, и они могут взаимодействовать с корнями проростков бобовых. Возможно, в этих условиях отрицательное влияние со стороны растения-хозяина на клубеньковые бактерии происходит на последующих стадиях взаимодействия, а именно в растительных клетках.

С другой стороны, минеральный азот почвы подвергается микробиологическим процессам нитрификации и денитрификации с образованием, в частности, газообразного оксида азота (NO). Оксид азота является многофункциональной сигнальной молекулой (радикалом), управляющей внутриклеточными и межклеточными процессами в растительных и животных тканях и оказывающей положительное и отрицательное влияние на жизнедеятельность организмов. Данные о влиянии NO на формирование бобово-ризобияльного симбиоза отсутствуют. Цель исследований – изучить влияние ряда N-соединений на рост клубеньковых бактерий (*Rhizobium leguminosarum*) в культуре, их влияние на адгезию и проникновение ризобий в ткани корня, а также на взаимодействие ризобий с корневыми волосками корня гороха.

В опытах с этиолированными проростками гороха (сорт Марат) использовали  $KNO_3$ ,  $KNO_2$ ,  $(NH_4)_2SO_4$  и нитропруссид натрия, являющегося донором NO в водном растворе. Инокуляцию растений проводили *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae*, штамм CIAM 1026 (ВНИИ с-х микробиологии РАСХН, Санкт-Петербург). Полученные результаты свидетельствуют о следующем. Добавление в суспензию клубеньковых бактерий нитропруссид натрия, являющегося донором NO, в концентрации 0.019, 0.19 и 0.67 мМ ин-

гибировало рост бактерий на 23, 37 и 58 % соответственно. Гемоглобин из эритроцитов лошади, добавленный в бактериальную суспензию в концентрации 0.67 мкМ, полностью снимал отрицательный эффект нитропруссид натрия (0.67 мМ) на рост клубеньковых бактерий. Негативное влияние на рост бактерий оказал также  $\text{KNO}_2$ . В концентрации 3.3 мМ его ингибирующий эффект достигал 42 %. В отличие от варианта с нитропруссидом натрия гемоглобин не снимал отрицательного действия  $\text{KNO}_2$  на рост бактерий. Другие N-соединения [ $\text{KNO}_3$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] даже в очень высокой концентрации (60 мМ) не оказали негативного влияния на рост ризобий.

Азотные соли [ $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KNO}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] в концентрации 20 мМ стимулировали процесс связывания и проникновения ризобий в ткани корней проростков гороха. Резкое ингибирование этого процесса (уменьшение в 4.6 раза) наблюдалось в варианте с нитропруссидом натрия (2 мМ). Гемоглобин (2 мкМ) частично снимал (в 1.5 раза) ингибирующий эффект нитропруссид натрия на адгезию и проникновение клубеньковых бактерий.

Изучение с помощью световой микроскопии начальных этапов взаимодействия ризобий с корневыми волосками корней гороха (искривление корневых волосков, их длина и образование инфекционных нитей) позволило выявить следующее. Добавление в среду инкубации нитропруссид натрия (2 мМ) вело к образованию коротких (до 90 мкм, в контроле 300-420 мкм) волосков, с булавовидным утолщением на концах. При этом искривление волосков было выражено слабо, инфекционные нити не образовывались. Добавление в инкубационную среду с нитропруссидом натрия гемоглобина (2 мкМ) способствовало более выраженному искривлению корневых волосков, увеличению их длины до 120-490 мкм и длины находящихся в них инфекционных нитей. Отрицательное влияние на процессы взаимодействия ризобий с корнями гороха оказал также  $\text{KNO}_2$  (20 мМ). Как и в случае с нитропруссидом натрия корневые волоски короткие (до 90-200 мкм), булавовидные; искривление выражено слабо, инфекционные нити встречаются редко.  $\text{KNO}_3$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  не оказали негативного влияния на процессы взаимодействия симбионтов даже в очень высокой концентрации (60 мМ).

Результаты обсуждаются в связи с ролью NO в процессах формирования бобово-ризобиального симбиоза. Подчеркивается, что NO может образовываться как в ризосфере в результате деятельности нитрифицирующих бактерий, так и в растении в результате функционирования нитратвосстанавливающих ферментов.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИМБИОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЛЮЦЕРНЫ  
В УСЛОВИЯХ РАЗНОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ  
НА ФОНЕ ИНОКУЛЯЦИИ *SINORHIZOBIUM MELILOTI* 441 И М6**

**The efficiency of alfalfa symbiotic systems under different water supply  
and inoculation with *Sinorhizobium meliloti* 441 and M6**

**Л.М. Михалкив, С.Я. Коць**

Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, г. Киев  
E-mail: [mykhalkiv@mail.ru](mailto:mykhalkiv@mail.ru)

Продуктивность бобовых растений существенно зависит от особенностей формирования и функционирования их симбиотического аппарата. Одним из путей повышения его эффективности является подбор комплементарных сортов растений и штаммов бактерий, используемых для инокуляции. В условиях влияния неблагоприятных факторов, в частности, при недостатке почвенной влаги, очень важно подобрать таких партнеров симбиоза, которые бы обеспечили формирование стойких азотфиксирующих систем и высокий урожай.

Изучали азотфиксирующую активность и продуктивность симбиотических систем люцерны-*Sinorhizobium meliloti* при разном водообеспечении. Исследования проводили с использованием люцерны посевной (*Medicago sativa*) сорта Ярославна и клубеньковых бактерий *S. meliloti* штаммов 441 (производственный) и М6 (получен в отделе симбиотической азотфиксации Института физиологии растений и генетики НАН Украины). Растения выращивали в песчаной культуре (питательная среда Гельригеля, 0.25 нормы азота) при 60 % ПВ. Модельную засуху (40 % ПВ) поддерживали в течение 30 суток, после чего полив возобновляли на уровне 60 % ПВ. На протяжении вегетационного периода определяли количество клубеньков на корнях, азотфиксирующую активность, массу и семенную продуктивность растений.

Как показали результаты исследований, на фоне инокуляции *S. melliloti* М6 наблюдалось менее выраженное ингибирование под влиянием засухи процессов образования клубеньков и азотфиксации в сравнении с инокуляцией *S. melliloti* 441. Штамм М6 обеспечил также формирование большей надземной массы растений в период бутонизации-начала цветения, в то время как урожай семян на фоне инокуляции обоими штаммами существенно не отличался. Таким образом, показано, что инокуляция люцерны штаммом *S. melliloti* М6 приводит к образованию симбиотических систем, более устойчивых к влиянию недостаточного водообеспечения.



**МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ  
В ПЕРВЫЙ ГОД ЖИЗНИ****Morphophysiological peculiarities of *Galega orientalis* Lam.  
during the first year of vegetation****И.М. Морозова, Н.В. Вогулкина**Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, г. Витебск  
E-mail: morozova-inna@rambler.ru

Галега восточная (*Galega orientalis* Lam.) – многолетнее травянистое растение семейства бобовых, эндемик Кавказа, высокобелковая кормовая культура, обладающая ценными свойствами: ранним отрастанием весной и продолжительной вегетацией, многолетностью, высокой зимостойкостью и морозостойкостью, устойчивостью к болезням и вредителям. Галега восточная является ранним медоносом, а также лекарственным растением.

Особый интерес представляет у галеги восточной развитие подземных побегов – корневищ, которые определяют производственный потенциал растения. Формирование подземных побегов способствует высокой сохранности почек возобновления в зимний период, а также устойчивости данной культуры к неблагоприятным факторам среды, быстрому отрастанию весной.

Исследование развития подземных органов имеет важное практическое и теоретическое значение для познания биологии новой интродуцированной сельскохозяйственной культуры, а также позволит уточнить рекомендации по ее возделыванию.

Корневища у галеги восточной становятся визуально заметными в конце фазы ветвления надземных побегов, в виде бугорков, хотя их формирование начинается намного раньше. Исследования показали, что в первый год жизни наблюдается ветвление корневищ, т.е. образование побегов второго, третьего и последующих порядков, почки которых закладываются в пазухах видоизмененных листьев. К концу вегетации корневища образуют из пазушной почки узла один побег ветвления последующего порядка.

К концу вегетации первого года жизни количество ветвящихся корневищ первого порядка составило 86,8, второго – 14-16 %. При этом следует отметить, что корневища третьего порядка не ветвятся. Выявлено, что количество осадков и температура являются одними из основных лимитирующих факторов образования подземных побегов для растений галеги первого года жизни.

С фазы кущения растений первого года жизни происходит интенсивный рост корневищ в длину. В начале фазы кущения длина корневищ первого порядка составляла  $6.1 \pm 0.72$ , к концу

фазы –  $24.8 \pm 1.96$ , а к началу –  $61.5 \pm 3.43$  мм. Скорость роста корневищ составляла от 0.42 до 1.23 мм/сутки, при этом наибольшей она была в середине фазы кущения.

Каждый узел корневищ первого и последующих порядков прикрывают два супротивно расположенных сидячих листа. Они имеют чешуевидную форму, от белого до желтовато-коричневого цвета, в зависимости от возраста.

Апикальная почка корневищ представляет собой две-три пары плотно сомкнутых листьев, прикрывающих апикальную меристему.

К концу вегетации первого года жизни корневища прорастают горизонтально поверхности почвы, затем верхушка корневища делает отрицательный геотропический изгиб, выходит на поверхность почвы. Из них образуются побеги возобновления на следующий год. В таком состоянии галега восточная уходит в зиму. Верхушечная почка корневища на первом году жизни имеет овально-утолщенную форму, что связано с интенсивными ростовыми процессами в апикальной меристеме.

#### СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА В *ACHILLEA MILLEFOLIUM* L. В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

##### The composition and the content of essential oils in *Achillea millefolium* L. growing in the Komi Republic

Е.Е. Нефедова, В.П. Мишуров, В.В. Пунегов, И.В. Груздев  
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар  
E-mail: nefedova@ib.komisc.ru

Тысячелистник *Achillea* L. – довольно широко распространенный род сем. *Asteraceae* Dumort. Виды рода тысячелистник давно используются в народной и официальной медицине. Одним из представителей этого рода является тысячелистник обыкновенный *Achillea millefolium* L. – многолетнее травянистое растение высотой 10-80 см, листья очередные, перисто-рассеченные с многочисленными отдаленно расположенными сегментами, белые, реже розовые цветки собраны в корзинки, образующие сложные соцветия. В настоящее время известно, что в этом растении биологически активным действием обладают флавоноиды, кумарины, лактоны, терпеноиды эфирного масла и др.

Цель работы – определение содержания и химического состава эфирного масла в надземных частях *A. millefolium*, собранных в естественных местах произрастания (в Княжпогостском и Усть-Вымском районах). Содержание эфирного масла определяли методом гравиметрии и параллельно газо-жидкостной хроматографи-

ей (ГЖХ). Идентификацию структуры компонентов эфирного масла осуществляли методом хромато-масс-спектрометрического анализа. Эфирное масло выделяли гидродистилляцией по Клевенджеру.

Практический выход эфирного масла из соцветий тысячелистника обыкновенного, определенный гравиметрическим методом, составляет 0.12-0.22 %. Для сравнения, согласно результатам ГЖХ анализа это значение лежит в интервале от 0.10 до 0.23 % в зависимости от места сбора растительных образцов.

Методом хромато-масс спектрометрии в составе эфирного масла растения обнаружено более 100 компонентов, из которых нами идентифицировано 60. Основными среди монотерпеноидов являются (%):  $\alpha$ -пинен (3.9-21.8), сабинен (2.3-18.4),  $\beta$ -пинен (14.1-20.7), 1,8-цинеол (9.4-14.1),  $\gamma$ -терпинеол (0.7-3.2), транс-пинокарвеол (1.1-2.78), камфора (1.3-6.3), борнеол (1.3-1.8). Среди сесквитерпеноидов преобладают (%):  $\beta$ -кариофиллен (1.1-5.3), гермакрен D (1.4-7.0), E-, цис-эпи-сантанол (0.8-1.3), эвдесма-4(14),11-диен (0.6-5.2), кадина-3,9-диен (0.5-1.0), хамазулен (0.5-23.9). В эфирном масле тысячелистника доминируют монотерпеноиды (64.09-71.17 %) по сравнению с сесквитерпеноидами 28.83-35.90 %.

Массовая доля хамазулена – одного из наиболее ценных компонентов эфирного масла тысячелистника – варьирует от 0.50 до 23.86 % и зависит, по нашим данным, от условий произрастания растений. Среди изученных его образцов растения, собранные на пойменном лугу Княжпогостского района, характеризуются максимальным содержанием хамазулена (23.86 %). По внешнему виду эфирное масло этого и других образцов – вязкая жидкость темно-синего цвета.

Таким образом, указанные образцы растений могут быть рекомендованы для углубленных интродукционных исследований с целью создания сортообразца, характеризующегося интенсивным биосинтезом хамазулена и других полезных веществ.

#### НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КРОНЫ У ОДНОЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ БЕРЕЗЫ

#### The initial stages of the crone formation at one-year birch seedlings

Н.Н. Николаева, Д.С. Запелова  
Институт леса КарНЦ РАН, г. Петрозаводск  
E-mail: [nnnikol@krc.karelia.ru](mailto:nnnikol@krc.karelia.ru)

Узорчатая древесина карельской березы является результатом деятельности камбиальной меристемы. Интенсивность и динамика поступления фотоассимилятов в зону камбия тесно взаимосвязаны с параметрами кроны и функциональными характеристиками

ассимиляционного аппарата. Анализ развития растения на ранних стадиях онтогенеза дает возможность выявить начало появления различий в продукционном процессе.

Исследование проводили в 2005-2006 гг. на однолетних сеянцах березы пушистой (б.пуш.), березы повислой (б.п.) и карельской березы (б.к.), полученных из семян финской селекции и выращенных в условиях теплицы на территории Агробиологической станции КарНЦ РАН. В первый сезон были проанализированы данные по растениям б.к. (271 шт.) и б.п. (281 шт.). В 2006 г. для этой цели было отобрано 48 сеянцев (по 19 в каждой из трех групп). На опытных группах растений были сделаны замеры высоты надземной части и длины корневой системы, диаметра основания стебля, диаметра на половине высоты стебля, длины и количества силлептических побегов, определена площадь листовой пластинки (с помощью программы SigmaScanPro) и произведен учет общего количества листьев. Материал отбирали в конце августа – начале сентября.

В первый год (2005) исследования мы оценили развитие кроны у б.п. и б.к. и выяснили, что достоверных различий между этими группами на данном этапе нет. Во второй год (2006) это наблюдение повторилось: разница значений между б.п. и б.к. по средней высоте растений ( $73.3 \pm 3.3$  и  $70.5 \pm 2.4$  см соответственно), диаметру в основании стволика ( $0.8 \pm 0.06$  и  $0.79 \pm 0.05$  см<sup>2</sup> соответственно) и длине силлептических побегов ( $18.06 \pm 1.27$  и  $16.48 \pm 1.2$  см соответственно) была также недостоверна. Однако было установлено, что по всем рассмотренным параметрам б.пуш. отличалась от б.п. и б.к. значительно меньшей высотой стволика ( $64.9 \pm 3.0$  см) и меньшей длиной силлептических побегов ( $11.9 \pm 0.9$  см). Вместе с тем, процент деревьев, имеющих силлептические побеги, у б.пуш. значительно больше (69 % против 44 у б.п. и 31 у б.к.), тогда как количество силлептических побегов у сеянцев всех трех групп было в среднем четыре побега на сеянец. Диаметр стволика на половине высоты растения был для всех рассмотренных групп практически одинаковым (б.п. –  $0.46 \pm 0.02$  см; б.к. –  $0.45 \pm 0.02$  см; б.пуш. –  $0.48 \pm 0.01$  см), также как и длина корневой системы (б.п. –  $24.8 \pm 0.5$  см; б.к. –  $25.9 \pm 0.5$  см; б.пуш. –  $26.0 \pm 0.5$  см).

В данной работе все листья, сформированные на лидирующем побеге (стволике) в течение вегетации, мы рассматриваем как листья первой генерации. Позднее из почек (заложившихся в текущий сезон вегетации) в пазухах некоторых листьев первой генерации развивались силлептические побеги, листья которых являются листьями второй генерации. По среднему количеству листьев на стволике (б.п. –  $15.5 \pm 0.9$  шт., б.к. –  $16.6 \pm 0.6$  шт., б.пуш. –  $16.2 \pm 1.5$  шт.), как и по общему количеству листьев на растении (на стволике и силлептических побегах: б.п. –  $18.2 \pm 1.7$  шт., б.к. –

22.1±3.0 шт., б.пуш. – 22.0±2.2 шт.), достоверных отличий между тремя исследуемыми группами берез нет. Листья первой генерации вносят значительный вклад в формирование ассимиляционного аппарата и создают возможность для успешного развития сеянца. Березы повислая и пушистая отличаются большими значениями средней площади листьев первой генерации (48.7±2.6 см<sup>2</sup> и 49.0±4.3 см<sup>2</sup> соответственно, б.к. – 33.91±2.83 см<sup>2</sup>) и в целом на одно растение (б.п. – 39.7±3.7 см<sup>2</sup>, б.пуш. – 40.0±3.7 см<sup>2</sup>, б.к. – 30.43±2.69 см<sup>2</sup>). Несколько меньшими значениями по площади листьев второй генерации выделяется б.п. (13.5±0.4 см<sup>2</sup>) по сравнению с б.к. (14.9±2.7 см<sup>2</sup>) и б.пуш. (18.3±2.4 см<sup>2</sup>).

Таким образом, уже на начальных этапах развития растений исследуемых групп наблюдаются различия в формировании кроны у березы повислой и березы пушистой. Береза пушистая отличается менее интенсивным ростом в высоту, но более активным формированием кроны, утолщением основания ствола, чему способствует активно развивающийся ассимиляционный аппарат. Для березы повислой и ее формы, березы карельской на данном этапе характерен более интенсивный рост в высоту. При условии, что по высоте сеянцы б.п. и б.к. примерно равны, а средняя площадь листьев последней чуть меньше, можно предположить, что ассимиляционный аппарат березы карельской функционирует интенсивнее, чем у березы повислой.

**ВЛИЯНИЕ ФЕНОТИПА ЛИСТЬЕВ У ГОРОХА  
НА ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНОГО ОБМЕНА,  
ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ**

**Influence of peas foliage phenotype  
on water relation determining plant drought-resistance**

**Н.Е. Новикова**

Орловский государственный аграрный университет, г. Орел  
E-mail: [agroecol@orel.ru](mailto:agroecol@orel.ru)

Селекция сельскохозяйственных культур ориентирована на создание морфологических форм растений, позволяющих создавать высокоурожайные сорта, пригодные для возделывания по современным интенсивным технологиям. У гороха это направление связано с интродукцией гена *af* в генотип, что приводит к трансформации листочков в усики и уменьшению площади листьев. Однако размер листовой поверхности относится к числу главных факторов, определяющих потенциальные возможности растений в

формировании биологического и хозяйственного урожая в благоприятных и стрессовых условиях. Поэтому важно оценить меру возможных отрицательных последствий генетического вмешательства в морфоструктуру листа и то, насколько они компенсируются полезными свойствами безлисточковых сортов, такими как устойчивость к полеганию и технологичность при возделывании.

Усики представляют собой многократно разветвленную главную жилку листа. По морфологии и анатомическому строению они приближены к осевым органам – черешкам и стеблям, значительную часть которых занимает насыщенная легкоподвижной водой проводящая система. В этой связи изменения в морфологии листа привели к существенным изменениям водного режима и адаптации растений к водному стрессу.

Содержание воды в усиках на 6-8 % выше, чем в листочках, при этом она более подвижна – доля связанной воды на 11 % ниже, чем в листочках. В соответствии с этим водный потенциал усиков составил  $-0.8$  МПа против  $-1.2$  МПа у листочков. В связи с высоким содержанием свободной легко подвижной воды усики отличаются меньшей устойчивостью к обезвоживанию. В условиях вынужденного завядания усики за 6 часов утрачивали на 9 % больше воды, чем листочки. Усики отличались и более значительным остаточным водным дефицитом (в среднем на 10 %) и меньшей на такую же величину относительной тургесцентностью тканей, поэтому и растения безлисточкового типа были менее устойчивы к обезвоживанию, чем обычные облиственные формы.

Изменение строения листа привело также к снижению в 2.5 раза интенсивности транспирации как одного из показателей жаростойкости растений. Это коррелировало с уменьшением плотности устьиц на эпидерме усиков в 1.9-3.5 раза по сравнению с листочками. По этому показателю усики приравниваются к стеблям.

Важную роль в снижении адаптивных возможностей безлисточковых растений играет и уменьшение мощности корневой системы, развитие которой у растений коррелятивно связано с размерами листовой поверхности.

Полученные данные показывают, что по комплексу показателей водного обмена, с которыми связана способность растений переносить обезвоживание, перегрев и формировать урожай в условиях водного стресса, безлисточковые сорта гороха уступают листочковым. По многолетним данным полевых опытов они более уязвимы к засухе и высоким температурам воздуха и отличаются высокой вариабельностью урожайности в разные по погодным условиям годы. Эти морфофизиологические особенности растений следует учитывать в селекции новых сортов безлисточкового типа и решении вопросов их районирования.

**РЕАКЦИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ  
НА УСЛОВИЯ ИЗМЕНИВШЕГОСЯ КЛИМАТА СИБИРИ  
И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ АДАПТАЦИИ**

**Scots pine to the changes in Siberia climate  
and possible adaptation ways**

**Н.Е. Носкова<sup>1</sup>, И.Н. Третьякова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск

<sup>2</sup> Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск  
E-mail: *bioecology@list.ru*

Репродуктивный цикл у сосны обыкновенной адаптирован к температурным условиям места произрастания. Заложение мужских генеративных органов происходит в июле, а дифференциация спорогенной ткани (археспория) – в августе-сентябре предшествующего пылению года. Процессы микроспорогенеза и развития пыльцы протекают следующей весной, в год пыления. Пыление и опыление в условиях Красноярской лесостепи проходят в конце первой – во второй декаде июня.

В результате погодно-климатических изменений главным образом за счет увеличения теплого периода в осеннее время в окрестностях г. Красноярск у сосны обыкновенной (2001-2006) произошло смещение сроков протекания репродуктивных процессов. В эти годы микроспорогенез начинался не весной, в год пыления, а осенью предшествующего пылению года: в конце октября-начале ноября дифференцировались микроспороциты и зимовали в состоянии профазы I, что не характерно для этого вида. В результате смены программы запуска микроспорогенеза у сосны обыкновенной в окрестностях г. Красноярск в ходе редукционного деления и в развитии клеток тапетума наблюдались многочисленные нарушения, формировалось большое количество аномальных и нежизнеспособных пыльцевых зерен. Основная причина стерильности пыльцы состояла в незавершенности гаметофитогенеза: в микроспорах не проходили митотические деления или же развитие пыльцы прекращалось на первом или втором делении. Большая доля пыльцевых зерен, таким образом, оставалась в одноклеточном состоянии или с одной-двумя проталлиальными клетками. В отсутствие характерной двухклеточной структуры, представленной вегетативной и генеративной клетками, пыльца не прорастала на питательных средах и не формировала пыльцевые трубки.

Вступление сосны обыкновенной в мейоз осенью явилось причиной прохождения делений и формирования пыльцы в более ранние сроки. Тот факт, что микроспорогенез по сценарию «осеннего

запуска» имел место у всех представителей вида одновременно, свидетельствует о том, что эта программа запуска мейоза для сосны обыкновенной более древняя. В дальнейшем, с похолоданием и усилением континентальности климата на Земле, мужские структуры не успевали завершить свое развитие до наступления неблагоприятного периода. В процессе адаптации выработались необходимые приспособления, обеспечившие функционирование мужских репродуктивных органов, предусматривающие запуск и прохождение мейоза весной. В условиях изменившегося климата Сибири в последние годы «старая» программа развития вновь задействована, и эти приспособления, вероятно, имели негативные последствия на формирование пыльцы. О существовании в природе двух альтернативных программ прохождения мейоза свидетельствуют наблюдения финских ученых, впервые обнаруживших в середине 1970-х гг. материнские клетки пыльцы в почках мужских побегов сосны в период осенне-зимнего покоя. Проблема в том, что утрачены адаптации сосны обыкновенной к развитию мужских структур в условиях «осеннего запуска мейоза». В результате чего формируется пыльца с высоким содержанием пыльцевых зерен, не завершивших гаметофитогенез и, следовательно, не способных формировать пыльцевые трубки. Из-за недостаточного количества жизнеспособной пыльцы существенно снижаются урожай шишек и семенная продуктивность, ухудшаются всхожесть семян и жизнеспособность проростков. Если климатические изменения примут продолжительный характер, то на территории Красноярского региона можно ожидать сокращение ареала и миграции вида в северном направлении. Анализ литературных данных позволяет предположить и другие пути решения проблемы выживания вида в сложившейся ситуации. Возможно, адаптационные механизмы приведут в соответствие генеративные процессы в микроспорангиях сосны. Возможно, созревание пыльцевого зерна будет происходить на нуцеллусе семяпочки, как у *Juniperus* и *Taxus baccata*. Тем более известны случаи изменения порядка формирования мужского гаметофита при изменении условий произрастания. Например, у кедра гималайского, интродуцированного в Крым, в микроспорангии проходят только два митотических деления, а остальные три – на нуцеллусе семяпочки, тогда как в условиях естественного произрастания на нуцеллусе семяпочки проходит только одно, последнее предшествующее оплодотворению, деление.

Каким образом будет проходить адаптация сосны обыкновенной в условиях изменившегося климата Сибири, покажет время. В любом случае, «стратегия выживания» вида будет зависеть от времени для адаптивной реакции, отпущенного историей.



**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ НА АКТИВНОСТЬ  
РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ НИТРАТРЕДУКТАЗЫ В ТЕЧЕНИЕ СУТОК****Influence of temperature condition  
on different form nitrate reductase activity during of the day****А.А. Пешкова, С.Б. Клименко, Н.В. Дорофеев**Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск  
E-mail: *physgen@sifibr.irk.ru*

Включение нитратов почвенного поглощающего комплекса в метаболизм растений лимитируется активностью нитратредуктазы – фермента, стоящего первым в цепи их восстановления. Интенсивность работы нитратредуктазы зависит как от потребности растения в восстановленном азоте, так и от внешних условий, влияющих непосредственно на сам фермент или метаболическую систему, обеспечивающую его функционирование. Наиболее сильно активность нитратредуктазы зависит от уровня освещения и доступности нитратов в питательной среде растений.

Рост и развитие растений происходят в постоянно меняющихся условиях среды, которые оказывают влияние на метаболизм растений. Наиболее ярко это можно наблюдать при смене условий окружающей среды, связанной с прохождением суточного цикла. Изменение освещения приводит к значительным колебаниям активности фермента, что определяется как скоростью синтеза и распада фермента, так и обратимыми посттрансляционными перестройками. Процессы синтеза и распада определяют содержание (общей) нитратредуктазы в тканях растения, а фосфорилирование и дефосфорилирование – содержание работоспособной (активной) формы фермента.

Настоящее сообщение посвящено изучению нитратредуктазной активности у озимой и яровой пшеницы в суточном цикле при различных температурах воздуха.

У озимой и яровой пшеницы повышение активности фермента с началом освещения и ее снижение после наступления темноты происходило очень быстро. Через два часа после начала освещения активность фермента достигает своего минимума в суточном цикле. В дальнейшем на протяжении как светового, так и темного периода наблюдали небольшие колебания в активности фермента, однако общий уровень оставался практически постоянным.

Характер изменений общей активности нитратредуктазы и нефосфорилированной (активной) ее формы схожи. Соотношение меж-

ду нефосфорилированной и общей нитратредуктазой характеризует процесс посттрансляционных изменений фермента. Фосфорилирование и дефосфорилирование являются второй системой регуляции скорости восстановления нитратов, не зависимой от процессов синтеза и распада фермента. Так, доля активной нитратредуктазы от общей в светлое время суток на 10-15 % выше, чем в ночной период. Необходимо отметить, что смена в отношении форм фермента происходит одновременно с синтезом или распадом фермента.

Понижение температуры с 25-27 до 2-7 °С не приводит к кардинальным изменениям в ходе суточных колебаний в активности фермента. Однако при пониженных температурах не удается показать четких изменений в соотношении форм фермента. Уровень суточных колебаний при повышенной температуре гораздо выше, по сравнению с пониженной. Наиболее подвержена колебаниям нефосфорилированная (активная) форма нитратредуктазы.

В полевых условиях в осенний период развития растений суточный ход колебаний активности фермента носит схожий характер с изменениями, которые наблюдали в лабораторных условиях. Активность нитратредуктазы у озимой и яровой пшеницы была примерно одинаковой. Однако амплитуда колебаний в активности фермента в течение суток выше у яровой пшеницы. Возможно яровая пшеница в отличие от озимой осенью растет более активно. Вместе с тем, это может определяться и большой устойчивостью озимой пшеницы к низким температурам воздуха.

Активность фермента у яровой пшеницы практически всегда выше, чем у озимой. Хотя в лабораторных условиях при постоянной температуре этого не показано. Схожие результаты были получены нами ранее при анализе потенциальной активности нитратредуктазы с использованием фосфатного буфера.

Таким образом, характер суточных колебаний вне зависимости от температурных условий имеет схожий вид. С максимумами активности в дневное время суток и с минимумом ночью. Смена условий освещенности приводит к быстрым изменениям в активности фермента, что связано как с синтезом и распадом фермента, так и с его фосфорилированием и дефосфорилированием.

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОРТОВ ОВСА,  
КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА****Structural and functional properties  
of oat varieties cultivated in North-West region****А.В. Платонов, Е.Ю. Бахтенко**Вологодский государственный педагогический университет, г. Вологда  
E-mail: [bakhtenko@yandex.ru](mailto:bakhtenko@yandex.ru)

Исследование в конкретных агроклиматических условиях видов и сортов, происходящих из разных селекционных центров, является одним из путей разработки теории получения высоких урожаев. В Вологодской области в настоящее время возделывается только три районированных сорта овса: Аргамак, Боррус и Фухс, поэтому с научной и практической точки зрения важно пронаблюдать и сравнить показатели продуктивности различных видов и сортов овса. В качестве объекта исследования было выбрано пять сортов овса полевого – *Avena sativa* L. из разных селекционных центров: с. Margam (Великобритания), с. ОМ-1621 (Великобритания), с. Borrus (Германия), с. Аргамак (Кировская обл.), с. Webster (США). Семенной материал получен из коллекции Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н.И. Вавилова. Эксперимент проводился в течение в 2000-2006 гг. Растения выращивали на агробиостанции ВГПУ в условиях полевого мелкоделяночного опыта. В процессе исследования определяли следующие показатели: интенсивность ростовых процессов в основные фазы онтогенеза; чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ); хлорофилловый индекс – мг хлорофилла / растение; зерновую продуктивность и структуру урожая.

По морфометрическим показателям существенные различия между сортами начинают проявляться в фазы трубкования и цветения. Наиболее высокие темпы роста (сырая и сухая масса, площадь листовой поверхности, количество побегов кущения) наблюдаются у сортов Margam, ОМ и Аргамак. Наименьшие показатели массы на фоне наибольшей высоты растения отмечены для сорта Webster. Таким образом, по накоплению биомассы в основные фазы онтогенеза изучаемые сорта можно расположить в порядке возрастания: Margam – Аргамак – ОМ – Borrus – Webster.

Отмечается положительная зависимость между величиной хлорофиллового индекса (ХИ) и темпами роста. Так, у с. Margam на фоне высокого валового содержания хлорофилла отмечаются значительные приросты биомассы. Это проявилось и у других сортов,

но в меньшей степени. При рассмотрении вклада отдельных органов в величину ХИ выявлены следующие особенности: в фазу трубкования вклад стебля в суммарный показатель ХИ у сортов овса незначителен, тогда как в фазу цветения существенную роль в фотосинтетических процессах играют метелка и стебель. Выявились и некоторые различия между сортами. Так, у с. Margam величина вклада листьев в суммарный ХИ составляет 55.1, стебля – 38.6, метелки – 6.3 %. У остальных сортов вклад листьев – до 40, стебля – до 50 и метелки – выше 10 %. Наиболее высокий показатель ЧПФ в фазу трубкования отмечен у с. Margam, что согласуется с высоким вкладом листьев в величину ХИ. Низкие величины ЧПФ у сортов Borrus и Webster. В фазу цветения максимальной ЧПФ характеризуется с. Аргмак, наименьшей – с. Borrus. В процессе онтогенеза у всех сортов ЧПФ снижается. Таким образом, ЧПФ, отражающая эффективность работы листовой поверхности, не всегда коррелирует со скоростью ростовых процессов.

По зерновой продуктивности исследуемые сорта можно распределить в следующей последовательности по убыванию: Аргмак – Webster – Borrus – Margam – ОМ. Выявлены некоторые различия в зерновой продуктивности по годам исследования, что связано с погодно-климатическими условиями. Сорт Аргмак характеризуется наибольшей зерновой продуктивностью (во все года исследования), которая формируется за счет большего количества зерен и выполненности семян при малой массе зерновки. У данного сорта самый высокий показатель продуктивной кустистости. Сорта ОМ и Borrus, отмечаются меньшими колебаниями продуктивности по годам исследований, сорт Margam, наоборот – изменчивостью продуктивности.

Анализ ростовых показателей и структуры урожая позволяет выделить особенности сортов при формировании зерновой продуктивности: 1) самыми изменчивыми показателями являются продуктивная кустистость и озерненность, более консервативным показателем – масса зерновки; 2) выявлена обратно-пропорциональная зависимость между количеством и размерами зерновки; 3) связь между темпами роста и зерновой продуктивностью у изучаемых сортов овса выражена в разной степени ( $r = 0.40-0.66$ ).

Таким образом, в результате исследования выявлены различия между сортами по ростовым процессам, фотосинтетическим показателям, продуктивности и элементам, ее составляющим. Обсуждаются различия в гормональном статусе изучаемых сортов.

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬБИТА****Effect of albid on the fiber flax productivity****Г.А. Плотникова**

Вологодский государственный педагогический университет, г. Вологда

Альбит – комплексный препарат биологического происхождения. Он сочетает в себе лучшие свойства таких препаратов, как агат-25, гумат калия, силк, псевдобактерин. Альбит был испытан нами на льне-долгунце сорта Смоленский в условиях агробиостанции университета по методике лабораторно-полевого опыта.

Схема опыта: 1 вариант /контроль/ – семена льна перед посевом обрабатывали витавакс-200, 2 вариант – семена перед посевом обрабатывали альбитом, 3 вариант – растения в фазе «елочка» опрыскивали суспензией альбита.

Препарат использовали в концентрации 0.02 %.

Полученные результаты показали, что альбит положительно повлиял как на общую высоту растений, так и на техническую часть стебля. Общая высота опытных растений второго варианта превышала контрольные на 49.8, третьего – на 14.0, техническая часть стебля – соответственно на 65.0 и 18.2 %. Число боковых побегов у растений по вариантам существенно не различалось. При использовании альбита увеличился и урожай льносолумы. Прибавка урожая льносолумы во втором варианте составила, по сравнению с контролем, 16.4 %, в третьем – 15.7. Значительная прибавка урожая семян наблюдалась только во втором варианте. Увеличение урожая семян было вызвано увеличением числа плодов и семян в них. Кроме того, альбит заметно повысил устойчивость льна-долгунца к бактериозу. Число больных растений в опытных вариантах было меньше, чем в контроле, на 30-40 %.

Таким образом, альбит является эффективным препаратом и может использоваться для повышения продуктивности льна-долгунца.

**ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПРОДУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СМЕШАННЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗАХ****Ecophysiological patterns of productive processes  
in mixed agrophytocenoses****В.Н. Прохоров**Институт экспериментальной ботаники  
им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск  
E-mail: [bot277@biobel.bas-net.by](mailto:bot277@biobel.bas-net.by)

Важнейшая цель устойчивого сельского хозяйства – создание и поддержание биоразнообразия в сельскохозяйственных экосистемах путем использования в качестве модели принципов и закономерностей, определяющих продуктивность и устойчивость природных фитоценозов. Поэтому многие исследователи приходят к выводу, что сельское хозяйство будет прогрессировать за счет достижений, которыми природа наделила многовидовые растительные сообщества, т.е. за счет отказа от монокультур в растениеводстве и перехода к поликультурному земледелию. В ходе наших исследований мы установили физиолого-экологические закономерности продукционных процессов в различных по видовому составу и пространственной структуре смешанных агрофитоценозах.

Объектами изучения служили агрофитоценозы разных видов культурных растений и их смеси: ярового ячменя, овса посевного, озимой пшеницы, ярового и озимого тритикале, озимой ржи, узколистного люпина, вики мохнатой, гороха посевного. Варианты смесей отличались по соотношению компонентов, задаваемому при высеве семян (50:50, 60:40, 67:33, 75:25, 83:17 и 92:8 %), а каждая смесь, в свою очередь, подразделялась на два варианта пространственной структуры посева. Один формировался высевом смешиваемых компонентов специальной посевной машиной одновременно в общий рядок, другой – размещением компонентов чередующимися рядками или полосами (от трех до девяти смежных рядков одного компонента). В ходе вегетационного периода определялся комплекс морфофизиологических показателей, характеризующих продукционный процесс, а также критерии, позволяющие оценить напряженность конкурентных отношений в смешанных агрофитоценозах. Исследования проводили в 1992-2006 гг. на полевом стационаре РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Были выявлены существенные физиолого-экологические закономерности.

Установлено, что продуктивность смешанных посевов во многом определяется временем наступления интенсивных межвидо-

вых конкурентных отношений. Чем позже они наступают, тем больше различий между ожидаемой и фактической урожайностью и выше биологическая эффективность совместного возделывания культур. Более продуктивные смеси характеризуются меньшими различиями между компонентами в значениях коэффициентов конкурентоспособности и агрессивности. Более конкурентоспособный компонент смеси отличается от угнетаемого определенной динамикой накопления надземной биомассы, при этом чем меньше различий в динамике накопления биомассы компонента в смесях и монопосеве, тем выше его конкурентоспособность по отношению к другой культуре в смешанном агрофитоценозе.

Характер складывающихся в чересрядных и полосных посевах конкурентных отношений проявляется в волнообразном изменении биомассы растений по рядкам с амплитудой, уменьшающейся от крайнего к центральному рядку. Направленность изменения надземной биомассы растений в полосе и амплитуда ее колебаний определяются межвидовой конкуренцией. Установленные закономерности позволяют обосновывать оптимальные варианты пространственного размещения компонентов в смешанных полосных посевах и дают возможность корректировать схемы размещения компонентов в технологиях возделывания смесей сельскохозяйственных культур, создавать новые варианты сложных многокомпонентных высокопродуктивных агрофитоценозов.

Установлено, что высокопродуктивные посева хлебных злаков характеризуются большей гетерогенностью растений по надземной биомассе и высоте в период интенсивного роста, что связано с лучшим разделением экологических ниш растений в посевах.

Наиболее информативным и надежным показателем для оценки состояния посевов зерновых культур и прогнозирования их хозяйственной продуктивности является сухая надземная биомасса на единице площади на фазе полного кущения, что дает возможность с высокой точностью прогнозировать урожайность злаков на ранних этапах вегетации и корректировать комплекс агротехнических мероприятий для достижения максимальных уровней хозяйственной продуктивности.

Каждый сорт в популяции имеет определенное соотношение морфотипов, различающихся по количеству листьев на главном побеге, при этом чем больше в сортовой популяции зерновых культур число морфотипов с различным числом листьев на главном побеге и меньше доля основного урожайобразующего морфотипа, тем выше гетерогенность сорта. Увеличение гетерогенности сорта по данному показателю позволяет снизить напряженность внутривидовой конкуренции за счет большей дифференциации экологических ниш растений и достичь более высокой и стабильной по годам продуктивности.

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ИДЕАЛЬНОГО ТИПА ПШЕНИЦЫ  
ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ТАДЖИКИСТАНА**

**Physiological aspects of wheat ideotype model elaboration  
in Tadjikistan**

**И.А. Сабоиев, М.Б. Ниязмухамедова**

Институт физиологии растений и генетики Академии наук  
Республики Таджикистан, г. Душанбе  
E-mail: *mukadam.44@mail.ru*

Селекционерами Таджикистана были выведены высокоурожайные сорта пшеницы, которым свойственна достаточно высокая устойчивость к действию неблагоприятных факторов. Тем не менее, успехи в селекции новых перспективных сортов пшеницы во многом будут определяться тем, насколько эффективно и умело селекционеры смогут использовать в своей практической работе знания физиолого-биохимических особенностей генотипов пшеницы в зависимости от экологических условий региона ее возделывания, применения для оценки и отбора перспективных сортообразцов физиологических тестов, прежде всего фотосинтетических, характеризующих производственный процесс у растений. В нашей работе представлены результаты сопоставительных исследований физиолого-биохимических особенностей нового генотипа пшеницы – сорта Истравшан селекции Института физиологии растений и генетики Академии наук Республики Таджикистан и стандартного районированного сорта Сьетте-Церрос-66 в условиях Центрального Таджикистана. Новый сорт пшеницы Истравшан, как показали наши исследования, отличается повышенным содержанием хлорофилла, более высокой интенсивностью фотосинтеза, интенсивным накоплением биомассы и сбалансированными донорно-акцепторными отношениями вегетативных и репродуктивных органов по сравнению со стандартным сортом Сьетте-Церрос-66, что обуславливает, в конечном итоге, большую урожайность пшеницы сорта Истравшан.

Большая часть результатов проведенных нами исследований, характеризующих особенности производственного процесса двух сортов пшеницы, была получена с использованием разработанных в нашем институте фотосинтетических тестов. Сорт Истравшан превосходит сорт Сьетте-Церрос-66 по содержанию белка, натуре зерна и массе 1000 зерен, определяющих питательную ценность зерна и продуктов его переработки. Результаты работы используются в проводимых нами комплексных исследованиях, цель которых



состоит в создании модели идеального типа (идеатип) пшеницы как основы для селекции высокопродуктивных, устойчивых к действию неблагоприятных факторов окружающей среды сортов этой культуры при возделывании в центральном Таджикистане.

### **ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПШЕНИЦЫ**

#### **Effect of climatic conditions in the South Tyumen region on wheat productivity**

**А.М. Сивцова, С.Г. Карасев**

Тобольский государственный педагогический институт  
им. Д.И. Менделеева, г. Тобольск  
E-mail: [tgpi@tgpi.tob.ru](mailto:tgpi@tgpi.tob.ru)

Климат Тюменской области – континентальный, в различной степени суровый. Помимо резких колебаний температуры в течение года, климат южных районов области отличается сухостью, недостатком осадков, малой облачностью. Ялуторовский район относится к теплому, умеренно-увлажненному агроклиматическому району. Тобольский район находится в умеренно прохладной достаточно увлажненной зоне. Суммирующим показателем тепла и влаги является гидротермический коэффициент, который в данных районах несколько различался. За последние десятилетия климат в рассматриваемом регионе изменился. Период вегетации стал более теплым (средняя температура воздуха повысилась) и менее дождливым (сумма осадков уменьшилась), а гидротермический коэффициент понизился.

Физико-географические условия Ялуторовского и Тобольского районов благоприятны для роста злаковых культур. Растения в условиях данного региона обладают высокой урожайностью, зерном хорошего технологического качества, скороспелостью, устойчивостью к полеганию, отзывчивостью на внесение удобрений, а также устойчивостью к пыльной головне, корневым гнилям.

Однако изменение климата сказывается на реализации потенциальных возможностей сорта. Поэтому важно оценить адаптационные особенности любого сорта к определенным агроклиматическим условиям. В наших исследованиях мы попытались на некоторых сортах яровой пшеницы и ярового ячменя проследить взаимосвязь агроклиматических условий, роста и продуктивности растений.

Объектами исследования были выбраны яровая пшеница раннеспелого сорта «Новосибирская-15», среднеспелая пшеница сортов «Авиада» и «Скэнт-3». За стандарт пшеницы у раннеспелых сортов принят сорт «Тулунская-12», у среднеспелых сортов – сорт «Лютесценс 70».

Эксперимент проводился в условиях полевого опыта Ялуторовского и Тобольского районов в течение 2002-2006 гг. Размер делянок – 1 м<sup>2</sup>, повторность двукратная. Одним из показателей продуктивности растений является масса 1000 зерен. В Ялуторовском районе на протяжении всех лет испытаний определяли массу 1000 зерен. Лидером в этой категории явился сорт «Авиада» (масса 1000 зерен в среднем на 8.1 % больше, чем у стандарта). Наименьшая динамика массы 1000 зерен наблюдалась у сорта «Новосибирская-15» (в среднем на 2.9 % меньше стандарта).

В Тобольском районе масса 1000 зерен наибольшая у сортов «Новосибирская-15» и «Скэнт-3».

В целом при выращивании пшеницы в Ялуторовском районе более продуктивным является сорт «Авиада», тогда как в Тобольском – сорт «Скэнт-3».

Определение средней урожайности за период исследования показало, что наибольшую прибавку к урожаю по сравнению со стандартом дал сорт «Авиада» (+4.4 ц/га). Немногом уступает ему сорт «Скэнт-3» (+3.3 ц/га). Отрицательная динамика прослеживается у сорта «Новосибирская-15» (-1.4 ц/га).

При анализе результатов по Тобольскому району можно отметить, что сорт «Скэнт-3» дал максимальную прибавку к урожаю по сравнению со стандартом (+5.3 ц/га).

Таким образом, в Ялуторовском районе сорт «Новосибирская-15» является мелкосемянным, а сорта «Авиада» и «Скэнт-3» – крупносемянными. В условиях Тобольского района проявляется такая же закономерность: сорт «Новосибирская-15» – мелкосемянный, а сорта «Авиада» и «Скэнт-3» – крупносемянный, однако масса 1000 зерен в целом у сорта «Скэнт-3» выше стандарта.

Высокоурожайным сортом за время испытания в Ялуторовском районе проявил себя сорт «Авиада». В Тобольском районе сорт «Скэнт-3» имел наибольшую прибавку урожая по сравнению со стандартом.

**РАЗРАБОТКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СОРТОВ РИСА****Development of rice varieties physiological model**

**М.А. Скаженник, Н.В. Воробьев, В.С. Ковалев, Т.С. Пшеницына**  
Всероссийский научно-исследовательский институт риса, г. Краснодар  
E-mail: *sma\_49@mail.ru*

Во ВНИИ риса в ходе селекции было создано большое количество сортов риса, различающихся по продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды. Одновременно в лаборатории физиологии риса шло изучение их физиологических особенностей, определяющих важные хозяйственно-ценные признаки. Это позволило установить наиболее значимые признаки сортов риса, дать им теоретическое обоснование для дальнейшего использования в селекции, что в конечном итоге привело к созданию модели интенсивных сортов данной культуры. Модель сорта – идеал генотипа, показывающего, каким комплексом признаков должны обладать производственные сорта для решения наиболее важных проблем российского рисоводства. К их числу относятся невысокая полевая всхожесть семян, часто не позволяющая сформировать оптимальные по густоте посева риса, недостаточно высокая урожайность сортов и слабая устойчивость к полеганию при выращивании на наших плодородных почвах.

Установлено, что для повышения полевой всхожести семян, помимо совершенствования агротехнических приемов получения всходов, большое значение имеет сила роста семян сорта, позволяющая при существующем режиме орошения получать достаточно густые всходы. Показано, что сила роста или холодостойкость, определяемая по скорости прорастания семян и интенсивности роста проростков при пониженной температуре 14 °С, является важным признаком модели сорта риса. В лаборатории физиологии для его определения разработан специальный метод, позволяющий ежегодно оценивать 400-500 селекционных образцов на данное свойство. Результаты наших многолетних исследований показали, что сорта сельскохозяйственных культур различаются по количественным параметрам целого ряда морфо-физиолого-биохимических признаков, в той или иной степени сопряженных с их урожайностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам среды. Обобщение значимости этих признаков привело к разработке модели интенсивных сортов риса.

Модель включает признаки, сопряженные с повышенной продуктивностью сортов и устойчивостью растений к полеганию. Решение этой сложной задачи оказалось возможным благодаря существенным изменениям в донорно-акцепторных связях у расте-

ний отдельных сортов. У сортов с признаками этой модели ассимиляты в период формирования стебля и метелки интенсивнее, чем у других сортов, транспортируются к этим органам, вызывая их более мощное развитие. В результате образуются массивный стебель с увеличенным содержанием целлюлозы, устойчивый к полеганию, и высокопродуктивная метелка, озерненность которой с повышением доз азотных удобрений снижается мало.

Проведенные исследования позволяют сделать заключение, что физиологическая модель сорта риса показывает сущность физиологических процессов в растениях, определяющих их продуктивность и устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Интенсивность этих процессов сопряжена с количественными параметрами морфофизиологических и биометрических признаков, по которым в селекции проводятся оценка и отбор наиболее перспективных форм. Результаты физиологических исследований имеют выход на морфологические и биометрические показатели, легко определяемые в селекционной работе. При этом важнейшее значение имеет определение количественного оптимума тех или иных признаков в стабильных условиях выращивания риса, позволяющих объективно оценивать генотипы по их реакции на уровень корневого питания и другие факторы окружающей среды.

Другими важными факторами методики являются хорошие условия получения всходов, создаваемые с помощью оптимальных норм высева и техники размещения семян по площади, глубины их заделки в почву, режима орошения, которые позволят иметь одинаковую для всех образцов оптимальную густоту всходов. Это определяется тем, что от густоты стояния растений и их размещения на площади зависят многие количественные параметры морфологических и физиологических признаков, в частности, коэффициенты кущения, масса одного побега, его ассимиляционная поверхность, чистая продуктивность фотосинтеза, распределение биомассы между органами растения, уровень реутилизации запасных соединений на налив зерновок и др. Изучение продукционного процесса у сортов с разной густотой стояния растений может привести к ошибочным выводам и заключениям. Отвечая на запросы производства, селекционерами ВНИИ риса созданы высокопродуктивные сорта, отзывчивые на высокие дозы азотных удобрений. Они различаются по целому комплексу физиологических, морфофизиологических и биометрических признаков. Целенаправленное использование их в оценке селекционных образцов повысит результативность дальнейшей селекции.

При разработке этой модели созданы сорта риса – Рапан и Хазар, которые районированы в Краснодарском крае, что обеспечило получение (2001-2005 гг.) дополнительного чистого дохода в сумме 194 млн. руб.

ПЛОДОВАЯ И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ НОВЫХ ВИДОВ  
РОДА BERBERIS L. В ДЕНДРОКОЛЛЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА  
ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ

Fruits and seeds productivity of new *Berberis L.* species  
in the arboreal collection of the Institute of biology botanical garden

Л.А. Скупченко

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар  
E-mail: [punegov@ib.komisc.ru](mailto:punegov@ib.komisc.ru)

Результаты продукционного процесса видов *Berberis L.* можно рассматривать с разных сторон. Барбарис – растение многофункциональное. Прежде всего, многие из них – это высоко декоративные, изящные, густооблиственные кустарники, без которых композиционные картины бедны (*B. × attawensis* var. *purpurea* Schneid. ex Rehd; *B. thunbergii* DC.; *B. vulgaris* cv. *Atropurpurea*). Это пищевое растение (*B. amurensis* Maxim; *B. vulgaris* L.). В пищу используются ягоды, листья. Многие виды имеют широчайший спектр лечебного действия за счет продуцирования биологически активных веществ: алкалоидов, витаминов, каротина, органических кислот, эфирного масла, дубильных веществ.

Барбарис – многолетнее кустарниковое растение, относящееся к числу нетрадиционных плодовых культур. Во флоре района исследований отсутствует. Все полученные данные по его биологии в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми новые. Исследование проводили в 1998-2006 гг. на 13 новых видах барбариса семенного происхождения. Семена получены по делектусу из дендрологического сада Архангельского института леса и лесохимии. В исследование были вовлечены следующие виды из различных флор: *Berberis aphaerocarpa*, *B. aristata* DC., *B. canadensis* Mill., *B. circumserrata* Schneid., *B. dasystachya* Maxim., *B. × emarginata* Willd., *B. integerrima* Bunge, *B. kansuensis* Schneid., *B. lycium* Royle, *B. × notabilis* Schneid., *B. poiretii* C. K. Schneid., *B. thibetica* Schneid., *B. vulgaris* L. В течение жизненного цикла у барбариса в новых почвенно-климатических условиях происходит постепенное усложнение морфологической структуры, завершающееся переходом в генеративный возрастной период.

Рассмотрим его плодую и семенную продуктивность. Плодоношение барбариса интересует нас не только как продукционный процесс, но и как важная характеристика адаптивности интродуцентов к новым почвенно-климатическим условиям и используется для оценки перспективности растений при интродукции. Виды барбариса начали переходить в важный онтогенетический

возрастной период – плодоношение – на пятом году жизни. Исследование генеративной сферы проводили в течение последних трех лет (2004-2006 гг.).

В плодах барбариса формируется от одного до пяти семян. Для плодов барбариса, сформированных в северных условиях, характерной чертой является низкая полнозернистость (выполненность) семян. Число выполненных семян в одном плоде колеблется от 1.3 (*B. canadensis*) – 1.4 (*B. aphaerocypa*) до 1.7 (*B. lucium*) и 2.0 (*B. circumserrata*). У фертильных семян зародыш расположен в эндосперме, полностью сформирован и по длине почти равен длине семени, прямой относительно своей вертикальной оси, по форме линейный.

В конце сентября – начале октября созревают плоды барбариса, представляющие собой многосеменную ягоду. Плод барбариса относится к олигомерным, состоит из малого числа плодолистиков, с мясистым сочным околоплодником.

Учет плодовой и семенной продуктивности проводили по известной методике для интродуцентов (Методические указания ..., 1980 г.). Подсчитывалось количество плодов на 0.5 м ветви с каждой стороны света и суммировалось по четырем ветвям. В среднем по видам эта величина составила от ( $\Sigma = 119$ ;  $M = 44 \pm 14.62$ ;  $v = 66.48$ ) у *B. lucium*, где  $M$  – среднее число плодов, приходящееся на одну ветку, ( $\Sigma = 306$ ;  $M = 76.5 \pm 14.03$ ;  $v = 36.67$ ) у *B. dasystachya* до ( $\Sigma = 1867$ ;  $M = 466.8 \pm 167.1$ ;  $v = 71.57$ ) у *B. aphaerocypa*, ( $\Sigma = 1547$ ;  $M = 386.8 \pm 200.2$ ;  $v = 103.49$ ) у *B. thibetica*, ( $\Sigma = 1688.4$ ;  $M = 422.1 \pm 137.9$ ;  $v = 65.34$ ) у *B. vulgaris*. Суммарные показатели числа плодов сильно отличаются и являются диагностическими признаками вида, среднее число плодов одной ветки – высоко вариабельная величина и имеет значительный уровень изменчивости. Масса 100 свежих плодов колебалась от 13.49 г у *B. aphaerocypa*, 15.10 у *B. thibetica* и 16.895 у *B. poiretii* до 29.80 у *B. kansuensis*, 24.75 у *B. aristata*, 22.10 у *B. dasystachya*.

Масса 1000 семян изменялась по годам незначительно. В 2004 г. наименьший показатель этого признака был у *B. aristata* – 9.640, наибольший – у *B. canadensis* 16.660, в 2005 г. он менялся от 10.620 *B. thibetica* до 15.870 у *B. poiretii* и в 2006 г. – от 8.520 у *B. thibetica* до 13.960 у *B. integerrima*. При сравнении семян по этому признаку барбариса обыкновенного с семенами из ЦСБС разницы не обнаружено (Интродукция древесных растений ..., 1982).

Интродуцированные новые для дендрокolleкции виды барбариса имеют устойчивый генеративный цикл, формируют полноценные плоды и фертильные семена. Выявлено, что первыми из 13-ти видов перешли в генеративный период представители Восточной Азии. Наибольшая плодовая продуктивность отмечена для

видов восточноазиатской флоры (*B. thibetica*, *B. integerrima*) и европейского вида (*B. vulgaris*). По качеству семян, их выполненности, количеству семян в плоде также выделены виды восточноазиатской флоры (*B. lucium*, *B. circumserrata*). Таким образом, многолетним интродукционным экспериментом показана высокая устойчивость видов барбариса к северным условиям произрастания. Все исследованные новые виды продуцируют плоды и семена, которых достаточно, чтобы воспроизводить виды барбариса для пищевых целей и озеленения, а также для создания сырьевых плантаций для производства лекарственных средств.

### ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ БИОПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

#### Effect of bacterial preparations on the vegetables productivity

М.Г. Соколова, Г.П. Акимова, Л.В. Нечаева, А.Н. Соколова,  
О.Б. Вайшля<sup>1</sup>, А.А. Ведерникова<sup>1</sup>

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск

<sup>1</sup> Томский государственный университет, г. Томск

E-mail: [ustaft@sifibr.irk.ru](mailto:ustaft@sifibr.irk.ru)

Известно, что в последнее время в развитых странах усиливается техногенное воздействие на природу. В сельском хозяйстве преобладает направление, связанное с интенсификацией агропроизводства. Отчетливо проявляется тенденция увеличения, порой бесконтрольного, применения минеральных удобрений, массивного применения химических средств защиты. Несомненно, все это негативно влияет на экологическое состояние почвы и качество продукции.

Существуют альтернативные пути развития сельскохозяйственного производства, позволяющие кардинально изменить ситуацию, совместив количественные и качественные показатели урожая и сохранить экологию среды – это внедрение в практику наукоемких, ресурсосберегающих, экологически чистых технологий биологического земледелия. Одной из таких технологий можно считать применение бактериальных биопрепаратов.

Бактериальные биопрепараты: Азотобактерин, Фосфобактерин и Кремнебактерин, разработаны на базе Томского госуниверситета, апробированы в хозяйствах Томской области и предложены для испытаний в агроклиматических условиях на территории Иркутской области. Это экологически безопасные биоудобрения для повышения урожайности, улучшения качества зерновых, овощных, ягодных культур. Они способствуют усилению микробиоло-

гической активности и улучшению плодородия почвы. В основе данных биоудобрений использованы чистые культуры новых эффективных штаммов живых почвенных бактерий.

Цель настоящей работы заключалась в изучении влияния бактериальных биопрепаратов на количество и качество урожая овощных культур. Испытания проводились на картофеле, моркови, капусте, огурцах, томатах, луке-порея. Рабочий раствор биопрепаратов (5 мл концентрата на 10 л воды) вносился в почву поливом двукратно: во время посадки и через 5-10 дней. Урожай картофеля, моркови и капусты при обработке биопрепаратами увеличился в 1.3-1.6 раза, томатов и огурцов – на 15-20 % за счет увеличения количества завязей и плодов на растении. Отмечено значительное снижение зараженности картофеля паршой обыкновенной (на 80 %). Комплекс биопрепаратов повышал устойчивость к этому грибному заболеванию, особенно у восприимчивых к инфекции сортов картофеля (Сарма, Пушкинец, Невский). Кроме того, клубни картофеля, полученные из обработанных семян, были более ровные гладкие, меньше растрескивались внутри и снаружи, особенно у подверженного израстанию сорта (Бородянский).

Содержание нитратов и нитритов в клубнях картофеля обработанного варианта снизилось более чем в два раза, в зеленых листьях лука-порея уровень их также существенно уменьшился (на 40-50 %). При этом в нижней белой части лука (ножке) нитратов накапливалось больше, чем в листьях. Избыток нитратов и нитритов опасен для здоровья человека тем, что блокируются окислительно-восстановительные реакции в клетке, приводя к гипоксии в тканях. Максимальное количество нитратов в организм человека поступает с овощами. Поэтому важной экологической задачей агропроизводства является снижение накопления нитратов в растительной продукции.

Дается физиологическое обоснование эффективности бактериальных биопрепаратов на основе функциональной активности пероксидазы лука-порея, имеющей определенную направленность изменений, которую, вероятно, можно связать с ускорением роста клеток и позитивным влиянием биопрепаратов на растения.

Итак, показано, что бактериальные биопрепараты Азотобактерин, Фосфобактерин и Кремнебактерин повышают урожайность овощных культур, снижают содержание нитратов и нитритов, способствуют увеличению устойчивости растений к патогенной грибной инфекции (парше). Использование бактериальных биопрепаратов значительно повышает количество, качество и экологическую безопасность овощей.



**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ТРОФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НА РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ****The influence of physical and trophical factors  
on the potato plant growth and productivity****Г.И. Сорокина**Орловский государственный университет, г. Орел  
E-mail: [prudnicov@inbox.ru](mailto:prudnicov@inbox.ru)

Успешное производство картофеля, важнейшей сельскохозяйственной культуры, зависит от многочисленных факторов внешней среды. В большинстве работ рассматривается влияние трофических факторов: макро- и микроэлементов, органики на урожай и качество клубней. Однако течение физиологических процессов зависит и от действия антропогенного фактора. Установлено, что содержание озона в атмосфере ежегодно изменяется за счет производственной деятельности человека. Его влияние на растительный организм изучено крайне слабо. Нет данных о совместном действии минеральных удобрений и озона на физиологические процессы, рост и продуктивность растений картофеля. С этой целью в контролируемых условиях почвенной культуры были заложены опыты с картофелем сорта Адретта по следующей схеме: 0 фон – без внесения удобрений, I фон –  $N_{90}P_{60}K_{150}$ . На этих фонах изучали влияние микроэлемента меди и озона при отдельной и совместной обработке посадочных клубней на процессы роста и продуктивность картофеля. В ходе вегетации определяли динамику нарастания вегетативной массы, площадь листовой поверхности и урожай клубней. В результате проведенных исследований было установлено, что трофические и физические факторы изменяют процессы роста и урожай клубней картофеля. Отчетливо проявилось положительное влияние макроудобрений на динамику нарастания массы куста, площади листовой поверхности и урожай клубней. В этих опытах медь оказала более существенное влияние, чем озон. Совместная обработка посадочных клубней медью и озоном оказалась менее эффективной. Ростовая активность растений на неудобренном фоне была примерно одинаковой по всем вариантам опыта.

**РОСТ И РАЗВИТИЕ ЛИСТЬЕВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ****Growth and development of the spring wheat leaves  
(*Triticum aestivum* L.)****С.А. Степанов**Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,  
г. СаратовE-mail: [biofac@sgu.ru](mailto:biofac@sgu.ru), [StepanovSA@sgu.ru](mailto:StepanovSA@sgu.ru)

Рост листьев, после их инициации в конусе нарастания побега, некоторое время осуществляется в состоянии примордия. Установлено различие листьев по продолжительности роста в состоянии примордиев – от четырех до 20 дней, что зависит от их положения в системе метамеров побега и условий вегетации. Абсолютная длина влагалища при инициации лигулы составляет в среднем для всех метамеров побега от 100 до 400 мкм, тогда как соотносительная длина пластинки и влагалища в этот момент специфична для каждого метамера, варьируя от 2.6:1 (седьмой метамер) до 74:1 (второй метамер). Наблюдается различие сортов (Саратовская 36, Саратовская 52, Нададорес 63) по продолжительности роста листьев в состоянии примордиев.

С момента инициации лигулы рост и развитие пластинки и влагалища листьев происходят относительно автономно, о чем свидетельствует различие по скорости и времени роста. До достижения длины 1-2 мм, что соответствует лаг-фазе сигмоидной кривой, характерно постепенное возрастание абсолютной скорости – от 8 до 289 мкм/день. Отмечены различия листьев по продолжительности роста до достижения длины 1 мм – от двух до 20 дней; наибольшее значение выявлено для четвертого листа, что составляет от 53 до 62 % от общей продолжительности его роста, определяемой по пластинке. Кривые абсолютной и относительной скорости роста пластинки и влагалища листьев могут иметь многовершинный вид и специфичны для каждого из метамеров побега. Максимальные значения абсолютной скорости роста пластинки листьев в 1.2-5.2 раза превышают подобные величины влагалищ листьев, исключая седьмой или восьмой лист, для которого абсолютный максимум скорости роста влагалищ может быть в 1.4-2.6 раз больше, чем у пластинок листьев. Наибольшие значения абсолютной скорости роста листьев *Triticum aestivum* составляют: а) для пластинки – от 18.6 (второй лист) до 60.4 мм/день (пятый лист); б) для влагалища – от 3.05 (первый лист) до 50.3 мм/день (восьмой лист). Во все годы исследования устойчиво отмечается снижение максимума абсолютной скорости роста пластинки второго листа относительно первого листа.

Установлено различие сортов *Triticum aestivum* по абсолютной и относительной скорости роста пластинки и влагалища листьев. Как общую тенденцию, для пластинок листьев следует отметить соответствие абсолютного максимума относительной скорости роста начальному участку лог-фазы сигмоидной кривой роста; для влагалища листьев абсолютные максимумы относительной скорости роста могут наблюдаться в начале, середине или к концу лог-фазы сигмоидной кривой роста. Сортоспецифичность метамеров проявляется в различии по продолжительности фаз кривых роста пластинки и влагалища листьев, существенно варьирующей по годам вегетации.

Для листьев каждого из метамеров интенсивный рост влагалища соответствует разным участкам лог-фазы кривой роста пластинки: для нижних листьев – на момент ее завершения, для средних и верхних – в начале или середине лог-фазы роста. По завершении роста и развития листьев устанавливается определенное отношение между длиной пластинки и длиной влагалища – большая величина этих отношений характерна для второго листа – 3.14, меньшая – у седьмого и восьмого листьев – соответственно 1.39 и 0.86. Наблюдаются межсортовые различия по величине отношения длины пластинки к длине влагалища листьев по завершению их роста.

Установлено, что завершение роста первого листа совпадает по времени с ускорением роста третьего листа, второго – ускорением роста четвертого листа и т.д. Вероятно, данная особенность роста листьев определяется особым типом их донорной специализации.

При механическом удалении пластинки первого или третьего и четвертого листьев по мере их роста отмечается: 1) увеличение или уменьшение длины примордиев других листьев, зависящее от их положения в системе метамеров побега; 2) изменение соотношения развития пластинки и влагалища листьев в момент инициации лигулы; наиболее существенное уменьшение длины пластинки характерно, как правило, для позже формирующихся листьев. Это отражается в последующем онтогенезе листьев: абсолютной и относительной скорости роста; длины пластинки и влагалища на разных временных этапах роста; продолжительности роста и развития пластинки и влагалища.

Удаление пластинки листьев оказывает влияние на рост и развитие конуса нарастания побега, что выражается: 1) в замедлении роста конуса; 2) в различии по числу формирующихся метамеров генеративной зоны побега пшеницы в одноименные сроки вегетации; при этом отмечается специфичность в отношении того, площадь какого из листьев подверглась изменению.

Установлены сортовые особенности влияния изменения площади листьев на рост и развитие конуса нарастания, других листьев побега яровой пшеницы.

### ЯРУСНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА ЛИСТЬЕВ ПШЕНИЦЫ

#### Variability of chlorophyll content in wheat leaves of different tiers

С.А. Степанов, Ю.В. Даштоян

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,  
г. Саратов

E-mail: [biofac@sgu.ru](mailto:biofac@sgu.ru), [DashtoyanJV@rambler.ru](mailto:DashtoyanJV@rambler.ru)

Ведущую роль среди возделываемых человеком культур играет пшеница. Повышение урожайности этой культуры связано с улучшением агротехники возделывания и совершенствованием самого растения. Создание сортов с высоким потенциалом урожайности требует углубленного изучения всех элементов фотосинтетической деятельности на разных уровнях организации ассимиляционного аппарата. Традиционно считают, что содержание пигментов фотосинтетического аппарата в листьях растений, в том числе и листьев пшеницы, возрастает от листьев нижних ярусов к листьям верхних. В наших исследованиях такая зависимость не наблюдалась.

Содержание пигментов определялось на грамм сырого веса листьев растений, выращенных в мелкоделяночных опытах на богаре в условиях пристанционного севооборота НИИСХ Юго-Востока (г. Саратов). Изучались следующие виды пшеницы: *Tr. monosocum*, *Tr. dicocum*, *Tr. timopheevii*, *Tr. durum* (Меянопус 69), *Tr. spelta* и *Tr. aestivum* (Лютесценс 62). Наибольшее количество хлорофилла *a* у *Tr. monosocum* отмечалось в третьем и пятом листьях (1.13 и 1.23 мг/г соответственно). В четвертом листе содержание хлорофилла *a* составляло 0.5 мг/г. Подобные результаты наблюдались и в содержании хлорофилла *a* у *Tr. dicocum*: в третьем листе – 1.18, в пятом – 1.28 мг/г. Наименьшее количество хлорофилла *a* содержалось в четвертом листе (0.42 мг/г). Максимальное количество этого пигмента у *Tr. timopheevii* приходилось на первый – 1.48, пятый – 1.38 и третий лист – 1.06 мг/г; минимум – в четвертом листе – 0.6 мг/г. У *Tr. spelta* максимум хлорофилла *a* был отмечен в пластинках второго – 1.16, третьего – 1.04 и шестого листьев – 1.08 мг/г; меньше всего хлорофилла *a* было в четвертом листе – 0.48 мг/г. В пластинках листьев *Tr. aestivum* (Лютесценс 62) большее количество хлорофилла *a* при-

ходило на второй ярус – 1.25, четвертый – 1.26 и седьмой – 1.53 мг/г; меньшее – на пятый ярус – 0.13 мг/г. У *Tr. durum* (Меянопус 69) максимальное содержание хлорофилла *a* наблюдалось в пятом листе – 1.31 мг/г, тогда как первый, третий и седьмой листья содержали близкие, минимальные количества хлорофилла *a* – 0.89, 0.89, 0.86 мг/г соответственно.

У *Tr. monosocum* наибольшее количество хлорофилла *b* приходилось на первый, третий и четвертый листья (0.51, 0.53, 0.5 мг/г соответственно). Наименьшее количество хлорофилла *b* (0.36 мг/г) отмечалось в шестом листе. Максимум хлорофилла *b* у *Tr. disocum* во втором листе – 0.68, минимум – в седьмом – 0.32 мг/г. В остальных листьях установлено примерно одинаковое содержание данного пигмента. В пластинках листьев *Tr. timopheevii* большее количество хлорофилла *b* в первом листе – 0.78, а минимальное количество пигмента – в пластинке шестого листа – 0.35 мг/г. Максимальное количество хлорофилла *b* у *Tr. spelta* содержалось в пластинке четвертого и шестого листьев (0.48 и 0.46 мг/г), меньшее количество данного пигмента имел пятый лист – 0.3 мг/г. Листья остальных ярусов имели близкие значения – около 0.42 мг/г. У мягкой пшеницы Лютеценс 62 четвертый лист содержал максимум хлорофилла *b* – 0.57 мг/г. Минимальное количество данного пигмента содержал лист третьего яруса (0.37 мг/г). У твердой пшеницы Меянопус 69 большее количество хлорофилла *b* находилось в пластинке второго листа – 0.68, меньшее – в пластинке седьмого листа – 0.3 мг/г.

Таким образом, по содержанию пигментов фотосинтеза в пластинках листьев видов пшеницы отмечены следующие вариации: для хлорофилла *a* – от 0.13 до 1.48; хлорофилла *b* – от 0.3 до 0.78 мг/г. С момента развертывания первого листа между видами пшеницы наблюдается различие в содержании пигментов фотосинтеза. Максимальное количество хлорофиллов *a* и *b* характерно для *Tr. timopheevii*. Минимальное содержание хлорофиллов *a* и *b* свойственно *Tr. disocum*; последовательного возрастания содержания пигментов (хлорофиллов *a* и *b*) от листьев нижних к листьям верхних метамеров не наблюдается. Зависимость между количеством пигментов – хлорофиллов *a* и *b* и плоидностью видов пшеницы не установлена.

Анализ данных о содержании пигментов в листьях разных ярусов пшеницы дает основание заключить, что каждому из них присущи свои особенности в соответствии с особенностями донорно-акцепторных отношений в онтогенезе растения.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  $^{14}\text{C}$ - АССИМИЛЯТОВ  
В РАСТЕНИЯХ С РАЗЛИЧНОЙ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ  
И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ  
ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНОЙ СИСТЕМЫ**

**Distribution and using C14-assimilates  
in plants with different morphological  
and physiological organization of sink-source system**

**Г.Н. Табаленкова**

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар  
E-mail: [tabalenkova@ib.komisc.ru](mailto:tabalenkova@ib.komisc.ru)

Понятие донорно-акцепторные отношения является одним из ключевых при анализе особенностей продукционного процесса растений. Система регуляции процессов образования и использования фотоассимилатов является одним из главных факторов, определяющих рост.

В задачу данной работы входило сравнительный анализ особенностей распределения и использования углерода у растений, различающихся по типу аттрагирующих структур. Исследования проводились с использованием  $^{14}\text{CO}_2$ , вводимого в растения в процессе фотосинтеза.

На основании проведенных исследований установлены закономерности изменения донорно-акцепторных отношений в онтогенезе растений *Stachys siboldii* Mig, *Bromys inermis* L., *Lolium multiflorum* Lat., *vestervoldicum*, *Rhaponticum carthamoides* (Willd) Pjlin и *Hordeum distichum* L. Установлено, что направленность распределения и использования фотоассимилатов зависит от типа аттрагирующих структур. У быстрорастущих растений *S. siboldii*, *B. inermis* распределение меченого углерода связано с его использованием на формирование надземных побегов и корневищ, где сосредотачивается около 60 %  $^{14}\text{C}$ . Доля  $^{14}\text{C}$  в корневищах сопоставима с их количеством в листьях. Высокое содержание в этот период метки в листьях подтверждает существование в растениях длительной циркуляции ассимилатов и повторное использование  $^{14}\text{C}$  углерода для роста. Для растений *H. distichum* основным аттрагирующим центром в первой половине вегетативного периода являются стебли с влагалищами листьев, где депонируется значительное количество фотоассимилатов. При формировании колоса используются новообразованные ассимилаты листьев и депонированные стебли.

Способность ценоза формировать биомассу во многом определяется балансом углерода. Анализ данных показал, что к концу

вегетации в биомассе однолетних (*L. multiflorum*) и многолетних (*B. inermis*) злаковых трав сохраняется 25-30 % первоначально ассимилированного углерода. Это позволяет полагать, что быстрое использование углерода этими культурами определяется метаболическими процессами, связанными с ростовой функцией. Именно эта способность определяет интенсивность их отрастания после скашивания. Приоритетным направлением транспорта ассимилятов у растений *H. distichum* и *R. carthamoides* является отток в запасающие органы. Углерод, депонированный в зерне, обеспечивает семенное размножение ячменя, а создание в подземных органах рапонткума сафлоровидного резервного фонда ассимилятов определяет степень перезимовки и образование ассимиляционного аппарата при отрастании.

Таким образом, распределение и использование ассимилятов являются одним из главных факторов, определяющих скорость роста растений. В процессе роста происходит смена аттрагирующей способности органов, которая отражает этапы реализации морфогенетической программы развития. У однолетних злаков она определяется репродуктивной стадией – образованием колоса, куда транспортируются ассимиляты, образованные в листе в процессе текущего фотосинтеза и временно депонированные в стебле. У травянистых многолетников переход на новый уровень донорно-акцепторных отношений зависит от формирования запасающих структур, таких как каудексы у *R. carthamoides*, обеспечивающие перезимовку и отрастание растений, или корневища и столоны у *S. siboldii* и *B. inermis*, обуславливающие вегетативное размножение и высокую конкурентоспособность и выживаемость видов.

#### СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОБОЛОЧЕК, АЛЕЙРОНОВОГО СЛОЯ И ЗАРОДЫШЕВЫХ ЛИСТЬЕВ ЗЕРНОВКИ TRITICUM DURUM

#### Sorts specialties of covers, aleuronic layers and embryo leaves development of *Triticum durum*

Е.А. Танайлова

Саратовский государственный университет, г. Саратов

E-mail: [biofac@sgu.ru](mailto:biofac@sgu.ru)

Несмотря на сохраняющийся интерес к изучению зерновки, существующие представления нередко имеют описательный характер с отсутствием информации по количественному развитию изучаемых структур. С учетом значимости *Triticum durum* необходимо более детально описать ее биологические особенности. В

связи с этим целью нашей работы являлось изучение анатомической организации алейронового слоя, оболочек, а также развития зародышевых листьев перспективных сортов зерновки твердой яровой пшеницы.

Объектом изучения являлись зерновки сортов саратовской селекции – Гордеиформе 432, Мелянопус 26, Мелянопус 69, Саратовская 40, Саратовская 59, Саратовская золотистая, Валентина, НИК, Людмила, Аннушка, Елизаветинская, Золотая волна; ино-районной селекции – Крассар, Безенчукская 182, Безенчукская степная, Безенчукский янтарь, Безенчукская 200, Харьковская 23, Алтайская Нива, Алтайский янтарь, Зарница Алтая, Алейская, Омский корунд, Омский янтарь, Ангел, Medora, Om Rabi 5, Belikh 2.

В ходе проведенных нами исследований были установлены различия по толщине оболочек зерновки сортов твердой пшеницы. Толщина оболочек в области спинки составляла от 44.9 до 95.4 мкм, в области щечек – от 39.3 до 68.8 мкм, в области бороздки – от 40.7 до 63.1 мкм. В районе спинки большие значения выявлены для сортов Мелянопус 26 и Саратовская золотистая – 95.4 и 85.6 мкм, меньшие – для Харьковская 23, Саратовская 59, и Om Rabi 5 – 44.9, 51.9, и 49.6 мкм соответственно. В районе щечек максимальные показатели опять же отмечены у сортов Мелянопус 26 и Саратовская золотистая (67.3 мкм), а также у сортов НИК (65.9 мкм) и Валентина (68.7 мкм); минимальные значения выявлены у сортов Харьковская 23 (43.5 мкм), Саратовская 59 (44.9 мкм), Om Rabi 5 (39.3 мкм), Гордеиформе 432 (40.7 мкм). В области бороздки большая толщина оболочек отмечена у сортов Безенчукская степная и Алтайская Нива (по 63.1 мкм), Омский корунд (64.5 мкм), а меньшая – у сортов Om Rabi 5 (46.3 мкм), Валентина и Елизаветинская (44.9 мкм), Гордеиформе 432 (40.7 мкм).

Установлены сортовые различия по размерам клеток алейронового слоя. Их длина варьирует в области спинки – от 36.6 до 68.2, в области щечек – от 37.3 до 62.9, в области бороздки – от 38.11 до 55.13 мкм. Ширина алейроновых зерен составляет в районе спинки – от 28.1 до 36.3, в районе щечек – от 36.3 до 37.4, в районе бороздки – от 34.0 до 36.6 мкм.

Наиболее полно потенциал роста первых трех листьев отражает суммарная величина длины листьев зародыша зерновки. Данный параметр у твердой пшеницы варьировал от 1307 до 2117 мкм. Наибольшая длина зародышевых листьев у сортов НИК (2117 мкм), Саратовской 40 (2057 мкм), Елизаветинская (1974 мкм), Харьковская 23 (2006 мкм). Меньшая длина листьев зародыша зерновки наблюдалась у сортов Om Rabi 5 (1307 мкм), Омский Корунд (1471 мкм), Безенчукский янтарь (1465 мкм), Гордеиформе 432 (1542



мкм). При этом длина первого зародышевого листа составляла от 950 до 1405, второго – от 225 до 445, третьего – от 107 до 240 мкм.

Таким образом, в ходе исследований была определена сортовая специфичность по толщине оболочек, длине зародышевых листьев и линейным показателям алейроновых клеток зерновки твердой пшеницы.

### **РОСТ, РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ГЕНОТИПОВ РАПСА РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ВЫРАЩИВАНИЯ**

#### **Growth, development and productivity in rapeseed genotypes of various geographical origin as affected by cropping time**

**И.Г. Тараканов, М. Раджабиан**

Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева,  
г. Москва

E-mail: [ivatar@yandex.ru](mailto:ivatar@yandex.ru)

Особенности ритмики роста и развития фотопериодически чувствительных растений при разных фотопериодических условиях и на фоне сезонных изменений длины дня оказывают существенное влияние на продолжительность их вегетации и продукционный процесс. С использованием методики ступенчатых посевов изучалась реакция на выращивание в условиях возрастающей и убывающей длины дня растений рапса *Brassica napus* L. разного географического происхождения. Использовались сорта Луговской и ВИКРОС отечественной селекции, а также Квантум, Опшн 500 и Саригол иранской селекции. Первые три образца являются яровыми формами, два последних – двуручки. Посев проводился на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева 1, 24 мая и 13 июня 2006 г.

Все изучаемые генотипы характеризуются длиннодневной фотопериодической реакцией, однако уровень фотопериодической чувствительности у них различается. У высокоширотных генотипов Луговской и ВИКРОС критическая длина дня больше, чем у низкоширотных сортов. Вместе с тем, у них наряду с сортом Опшн 500 отмечена меньшая продолжительность ювенильного периода, чем у сортов Квантум и Саригол. Быстрое завершение ювенильного периода означает раннее появление компетенции к фотопериодической индукции и, соответственно, высокий уровень скороспелости. Растения сортов Луговской и Опшн 500 при ранневесеннем посеве характеризовались быстрым переходом растений к генера-

тивному развитию; сухая биомасса у них была наименьшей в сравнении с другими изучаемыми генотипами в этот срок выращивания. Замедление темпов развития растений в условиях убывающей длины дня (третий срок посева) способствовало значительному увеличению их фотосинтетического потенциала и росту урожайности сухой биомассы. Наиболее высокая урожайность биомассы при всех трех сроках посева была отмечена у сортов ВИК-РОС и Саригол. В первом случае это было обусловлено в основном большой критической длиной дня у генотипа, во втором – длинным ювенильным периодом.

Наибольший разброс в сроках цветения внутри выборок, представляющих сортовые популяции, а также между сортами, наблюдался при втором и третьем сроках посева. В одном случае это было связано со сверххранной фотопериодической индукцией части генотипов в условиях максимальной длины дня, во втором – с задержкой развития в условиях убывающей длины дня. Сравнительно поздний переход к цветению растений сортов Саригол и Опшн 500 обусловил их более высокую семенную продуктивность, чем у других генотипов. У всех изучавшихся сортов семенная продуктивность зависела от сроков посева: наименьшая была отмечена при втором сроке посева, а наибольшая – при третьем (в условиях убывающей длины дня).

## АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ *DESCHAMPSIA ANTARCTICA* DESV

### Adaptive reactions of *Deschampsia antarctica* Desv.

N. Taran, L. Batsmanova, A. Okanenko, N. Svyetlova  
Department of Biology, National Taras Shevchenko University, Kyiv  
E-mail: a\_okanenko@univ.kiev.ua

*Deschampsia antarctica* Desv. is a one from two native angiosperms occur in Antarctica. The Antarctic geobotanical zone is a hostile environment for plant growth. Constant low temperatures and episodes of high light are typical conditions during the growing season at this latitude. There is information on the consequences of ozone depletion on the marine Antarctic biota caused by ambient solar UV-B increase. These factors enhance the formation of active oxygen species and may cause photoinhibition. Therefore, an efficient mechanism of energy dissipation and/or scavenging of reactive oxygen species (ROS) would contribute to survival in this harsh environment. Besides, it was found, that net photosynthesis is optimal at 12 °C. Therefore we consider it to be expedient to study antioxidant indexes

and glycolipid composition of *Deschampsia* plants. With this purpose we introduced *Deschampsia antarctica* plants delivered from Antarctic in conditions of temperate climate of Europe and investigated plant reaction against oxidation stress induced by spraying leaves with 0.5 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> solution for 4 hours. In order to compare reactions we use also *Deschampsia karpatika* plants. Some investigations were performed with *D. Antarctica* plant samples delivered from various islands of Antarctic. Data obtained showed that H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment did not caused any reliable changes in SOD activity of both species. Pigment composition was characterised by increase chlorophyll *a* content in both species and carotenoids in *D. antarctica* plants. Concerning glycolipid composition expressed as lipid/chlorophyll ratio one could see all glycolipid content increase in *D. karpatika* whereas only SQDG enlargement was noted in *D. antarctica* leaves. Studying the samples delivered from various islands of Antarctic showed indexes significant variability dependent upon the island environment peculiarities.

**РЕСУРСЫ ФАР И ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ  
КАК ФАКТОРОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯРОВЫХ ЗЛАКОВ**

**Resurces of PhAR and soil moisture as productivity factors  
of a spring wheat in European part of Russia**

Л.Л. Тарасова, И.А. Шутьгин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва  
E-mail: [ufarin@yandex.ru](mailto:ufarin@yandex.ru)

Приводятся теоретические значения максимальных средне-многолетних и годовых урожаев яровых злаков (ячмень, пшеница) в черноземной зоне европейской части России, а также значения реальных урожаев. Даются среднемноголетние данные о ресурсах ФАР и запасах продуктивной влаги в метровом слое почвы, как энергетической основе газообмена, транспирации, формирования биомассы за период вегетации.

**ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ  
В УСЛОВИЯХ ПОДЗОНЫ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ**

**The productivity of black currant sorts  
in middle taiga sub-zone conditions of Komi Republic**

**О.К. Тимушева**

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар  
E-mail: *mifs@ib.komisc.ru*

В подзоне средней тайги Республики Коми выращивание высоковитаминной продукции имеет большое значение. Смородина черная является в республике одной из ведущих ягодных культур.

Исследования проводились в течение 2001-2004 гг. по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1999). Было взято на изучение десять сортов смородины черной алтайской, белорусской, мичуринской, московской, орловской селекций. Место проведения исследований в районе Сыктывкара (62° с.ш., 50° в.д.) относится к подзоне средней тайги, которая простирается к северу примерно до 63°20' и занимает около 40 % площади республики. В данной подзоне начало вегетационного периода со среднесуточной температурой выше +5 °С отмечается в последней декаде апреля. Его продолжительность в районе, где расположен Ботанический сад, составляет 150 дней, сумма суточных температур за этот период – 1800 °С. В условиях подзоны средней тайги лимитирующим фактором является недостаток тепла. Почва участка среднекультуренная, дерново-глеевая, суглинистая.

Основная часть урожая сортов смородины черной в 2001-2004 гг. была сосредоточена на смешанных и плодовых побегах и кольчатках. Максимальная урожайность отмечена в 2004 г. и составила 2.6, 2.5 кг с куста у сортов Дубровская и Вологда соответственно. Минимальная урожайность 0.1-0.6 кг с куста была в 2002 г. у всех сортов смородины черной вследствие подмерзания бутонов в мае, когда температура воздуха понижалась до –5 °С. В среднем наибольшая урожайность в течение четырех лет наблюдалась у сортов Дубровская и Вологда – по 2.4, Плотнокистная – 2.1 кг с куста. У сортов Сеянец Голубки, Плотнокистная, Вологда, Дубровская, Наследница, Черный Жемчуг, Лентяй масса одной ягоды составляла больше одного грамма: 1.02-1.44 г. Вкус ягод от 4 до 5 баллов – от кисло-сладкого до сладкого, с ароматом – у сортов Багира, Лентяй, Плотнокистная, Элевеста. У остальных сортов вкус ягод составлял 4 балла – хороший, кисло-сладкий.

Наиболее высоким содержанием аскорбиновой кислоты в 2003-2004 гг. характеризовались сорта Дубровская – 144.8, Сеянец Голубки – 144.3 мг% в среднем. Максимальное содержание сахара отмечено у сортов Элевеста, Багира: 9.08 и 8.43 % соответственно. По содержанию органических кислот у сортов нет существенных различий – 2.43-2.99 %. Плоды смородины черной накапливают сухого вещества от 15.1 до 21.9 %. Наибольшее количество сухих веществ имеют сорта Дубровская – 21.9 и Багира – 21.1 %.

К элементам продуктивности относятся число плодоносящих побегов, число узлов с плодоношением, число кистей на узел, число ягод в кисти, масса ягоды. Фактическая продуктивность сортов Вологда, Дубровская, Плотнокистная, Сеянец Голубки составила в среднем 2.4, 2.4, 2.2, 1.9 кг с куста. Потенциальную продуктивность определяли путем умножения числа плодоносящих побегов, числа узлов с плодоношением, числа кистей на узел, числа ягод в кисти, массы ягоды. У данных сортов она составила 4.03, 4.65, 2.93, 3.01 кг с куста. Наиболее высокий процент соответствия фактической продуктивности потенциальной отмечен у сорта Плотнокистная – 73.6 %, у сортов Сеянец Голубки, Вологда, Дубровская – 67.5, 63, 52.2 % соответственно. Самый низкий процент соответствия фактической продуктивности потенциальной отмечен у сорта Багира – 43 %.

Таким образом, в условиях подзоны средней тайги урожайными и крупноплодными являются сорта Вологда, Дубровская, Плотнокистная, Сеянец Голубки. Высокие вкусовые качества ягод в 5 баллов имеют сорта Багира, Лентяй, Плотнокистная, Элевеста. По сравнению фактической продуктивности с потенциальной наибольшую фактическую продуктивность имеют сорта Плотнокистная, Сеянец Голубки, Вологда.

**ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС РАСТЕНИЙ *SALICORNIA EUROPAEA*  
КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО КОМПОНЕНТА ФОТОТРОФНОГО ЗВЕНА  
ИСКУССТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ**

**Production process of *Salicornia europaea* as potential constituent  
of artificial ecosystems' phototroph link**

Н.А. Тихомирова, С.А. Ушакова, И.А. Грибовская, А.А. Колмакова  
Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск  
E-mail: [ubflab@ibp.ru](mailto:ubflab@ibp.ru), [n.tikhomirova@mail.ru](mailto:n.tikhomirova@mail.ru)

Одной из проблем вовлечения хлористого натрия в круговорот веществ в искусственных экосистемах, в частности, в биорегенеративных системах жизнеобеспечения человека (БСЖО), является

эффективное выведение этой соли из корнеобитаемой среды с последующим вовлечением ее в трофические пищевые цепи. Одним из возможных решений данной проблемы может быть использование овощных растений-галофитов *Salicornia europaea*, способных накапливать хлорид натрия в достаточно высоких концентрациях. Поэтому важно изучить продукционную деятельность растений *Salicornia europaea* в условиях интенсивной светокультуры, приближенных к оптимальным условиям выращивания растительного звена в БСЖО. Кроме того, поскольку одним из способов выращивания растений *Salicornia europaea* в БСЖО планируется использование урины человека после предварительной физико-химической обработки, в качестве основы для приготовления питательного раствора, необходимо выяснить влияние восстановленной формы азотного питания на процессы роста растений.

В работе исследовано влияние нитратной и амидной форм азотного питания на газообмен, продуктивность, минеральный и биохимический составы растений *Salicornia europaea*, выращенных в условиях интенсивной светокультуры методом водной культуры при интенсивности ФАР 150 Вт/м<sup>2</sup> и естественной концентрации углекислого газа. Освещение круглосуточное, температуру воздуха поддерживали на уровне 24 °С. В качестве питательных минеральных растворов был взят раствор Кнопа, содержащий азот в нитратной форме, и раствор по прописи Б.И. Токарева с добавлением азота в форме карбамида. Растворы Кнопа и Токарева были несколько модифицированы с целью снятия различий по содержанию макроэлементов. Во все растворы были добавлены лимоннокислое железо и микроэлементы. Концентрация хлорида натрия в растворах составляла 10 г/л. Растения выращивали на бесменных растворах и проводили коррекцию содержания всех минеральных элементов. Длительность экспериментов составляла 35 суток, в течение которых растения находились в вегетативной фазе развития. Показано, что форма азотного питания не оказывала существенного влияния на продуктивность *Salicornia europaea*, и растения достоверно не отличались по сухой биомассе. Однако оценка функционального состояния растений показала, что в возрасте от 28 до 35 суток наблюдалось увеличение доли дыхания в фактическом фотосинтезе растений, выращенных на растворе с амидной формой азота, а у растений с нитратным питанием эта величина практически не менялась. Вероятно, при амидном питании, процессы развития растений были более интенсивными, чем при нитратном, и раньше наступал процесс перехода растений к репродуктивной фазе развития. Форма азотного питания не оказывала существенного влияния на содержание Na и K в растениях солероса и общего азота в корнях растений. В надземных органах

растений, выращенных при амидном питании, количество азота было выше по сравнению с растениями, выращенными при нитратном питании. Возможно, что такой результат был связан с более интенсивным поглощением солеросом азота в амидной форме в сравнении с нитратным азотом. При этом в растениях солероса в наибольшем количестве накапливался натрий – его было более чем в 2.5 раза больше по сравнению с количеством калия. Содержание основных биогенных элементов в растениях исследуемых вариантов было практически одинаковым и значительно ниже по сравнению с содержанием натрия, калия и азота. В растениях, выращенных на растворах с амидным азотом, содержание сырого протеина и клетчатки было выше, чем в растениях, выращенных на растворах с нитратным азотом. Форма азотного питания не оказывала значимого влияния на содержание остальных биохимических веществ в растениях солероса. Содержание липидов в растениях относительно невысокое, однако жиры характеризуются высокой степенью ненасыщенности, главным образом, за счет альфа-линоленовой и линолевой кислот. Таким образом, выращивание солероса на растворах с амидной формой азота в условиях, приближенных к оптимальным условиям культивирования растительного звена в БСЖО, не приведет к угнетению их продукционной деятельности по сравнению с растениями солероса, выращиваемыми на растворах с нитратным азотом.

Работа выполнена при поддержке гранта ИНТАС № 05-1000008-8010 и проекта № 5.16 СО РАН.

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ  
И РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ НА ВЗАИМОСВЯЗЬ  
МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ БЕЛКА И УРОЖАЕМ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ**

**Effect of fertilizer rate and soil moisture level on the relationships  
between the wheat grain yield and its protein content**

**З.Г. Тома, А.Ф. Бабицкий**

Институт физиологии растений АН Республики Молдова, г. Кишинев  
E-mail: [tomazanfira@mail.ru](mailto:tomazanfira@mail.ru), [babandre@mail.ru](mailto:babandre@mail.ru)

Пшеница является одним из основных источников для выработки продуктов питания в странах зоны умеренного климата. При этом до настоящего времени важнейшим является вопрос получения наибольшей белковитости урожая зерна. Данная задача решается как подбором агроэкологических условий, так и внесением удобрений при выращивании пшеничных растений. При этом в

литературе широко распространилось мнение, что урожай и белковитость находятся в обратной коррелятивной зависимости.

Однако при просмотре и анализе этих литературных сведений, становится очевидным, что основные работы в данном направлении проведены узкой группой ученых и в узкой агроэкологической зоне. Нередко такие суждения исследователей делаются на основе результатов анализа присланных к ним образцов зерна, что создает возможность получения неполноты полученных данных и не полного видения этой проблемы из-за неправильно выбранного образца зерна.

Поэтому мы изучили взаимосвязь этих показателей в зависимости от более расширенного числа условий выращивания растений пшеницы для получения урожая и более правильного способа подготовки образцов на биохимические анализы. Прежде чем исследовать все многообразие образцов пшеницы, необходимо вначале на одном сорте разобраться в ответной реакции растений на условия выращивания. Найти, какие же факторы были упущены в работах предыдущих исследователей, и определить, какие же факторы реально влияют на взаимосвязи этих показателей. Для этого нами были проведены исследования на одном сорте яровой твердой пшеницы Харьковская 46, выращенной в степной зоне Одесской области при различных уровнях внесенного минерального удобрения из азота, калия и фосфора и их сочетаний при трех уровнях водного режима выращивания растений, на которых формируются зерна. Всего было использовано 13 вариантов минерального питания при трех уровнях водного режима: а) при естественном увлажнении от атмосферных осадков; б) дополнительный полив дождевальными установками до 80 % влажности от полной влагоемкости (ППВ), оптимум влаги; в) то же самое до 90 % ППВ. Полученное зерно фракционировалось на решетках с продолговатыми ячейками по ширине зерна и полученные фракции анализировались на содержание белка по биуретовой реакции. При этом нами обнаружено, что содержание белка в значительной степени зависит от размера фракции зерна. Фракции мелких и крупных зерен содержат больше белка. Если построить график зависимости содержания белка от размера фракции зерна, то мы будем наблюдать кривую седлообразной формы, впадина которой приходится на преобладающую среднюю фракцию зерна с шириной 2.5-2.75 мм. Поэтому более правильно на анализ выбирать только эту фракцию. Несоблюдение данного требования сильно искажает результаты исследований. Так, нами выявлено, что широко распространенное в литературе мнение, в основном распространяемое канадскими исследователями, о наличии отрицательной связи между урожаем и белковитостью зерна не только не соответствует дей-



ствительности, но более того, искажает реальную суть дела. Нами показано, что эта взаимосвязь в более сильной степени модифицируется водным режимом выращивания. При естественном увлажнении почвы и дефиците влаги нами доказана достоверная положительная взаимосвязь между урожаем и белковитостью зерна. Но нужно понимать, что урожай повышается не только высокими дозами удобрений, но и увеличением влажности почвы. Если происходит увеличение урожайности за счет повышения влажности выращивания при низких уровнях минерального питания, то эта связь становится отрицательной и вновь переходит в положительную при значительном увеличении доз минерального удобрения. Так, при влажности почвы 80 % ППВ положительная связь появляется при превышении уровня внесенных удобрений свыше N90P90K90 на гектар. Отсюда совершенно четко видно, что более важным параметром, влияющим на белковитость зерна, является влажность выращивания, а не сам уровень урожайности, как таковой. При отсутствии или малом уровне минерального питания увеличение влажности всегда ведет к снижению белковитости зерна.

Надо четко различать – за счет чего получена повышенная урожайность: за счет высоких доз удобрений или из-за повышения влажности почвы. Поэтому вывод об отрицательной связи между урожаем и его белковитостью следует считать ошибочным и заменить на более точный: между белковитостью зерна и влажностью почвы существует отрицательная связь, компенсировать которую возможно лишь путем внесения высоких доз минеральных удобрений, начинающихся с уровня N90P90K90 на гектар и вплоть до 150-200 кг/га каждого.

**ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ  
РАСТЕНИЯМИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ  
НА ГЕТЕРОГЕННОЙ И ГОМОГЕННОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ**

**Genotype features of growth  
and water use by spring bread wheat plants  
on heterogeneous and homogeneous nutrient medium**

**В.К. Трапезников, И.И. Иванов, Н.Г. Тальвинская, Н.Л. Анохина**  
Институт биологии Уфимского НЦ РАН, г. Уфа  
E-mail: *i\_ivanov @ anrb.ru*

Гетерогенное (локальное) распределение удобрений в почве, широко используемое при возделывании многих культурных растений, имеет некоторые существенные преимущества по сравнению

с перемешиванием их с почвой. Данная технология позволяет на 10-20 % и более повысить продуктивность растений без снижения (чаще с повышением) биохимических и технологических показателей качества урожая, снизить дозу вносимого удобрения на 30-50 %, увеличить устойчивость продукционного процесса в условиях дефицита влаги и тепла. Столь практически значимые эффекты обусловлены тем, что локальное распределение элементов минерального питания приводит к существенному повышению разнообразия корнеобитаемой среды по большому числу параметров. Наиболее ярко это проявляется в характере распределения элементов минерального питания: в ограниченном объеме почвы создается зона с высоким (на порядок и более) их содержанием. В результате часть корневой системы растения и даже часть отдельно взятого корня функционирует в условиях широкого спектра солевого воздействия: от локального солевого стресса до дефицита элементов питания. Исследованиями последних лет выявлены существенные различия в отзывчивости сортов яровой мягкой и твердой пшеницы на локальное питание: урожай от локального внесения NPK по сравнению с разбросным внесением колебался от -5 до +25 %. Причины столь больших различий в реакции генотипов на локальное питание не ясны.

В задачу данной работы входило изучение влияния равномерного (контроль) и гетерогенного распределения элементов питания в среде на ростовую функцию и потребление воды растениями сортов яровой мягкой пшеницы с контрастной отзывчивостью на локальное внесение удобрения (отзывчивый Воронежская 12 и неотзывчивый Саратовская 62). В модельных экспериментах растения выращивали на питательной смеси Хогланда-Арнона с микроэлементами. На гомогенной высокосолевой (300 % содержание солей) и низкосолевой (5 %) средах размещали все пять зародышевых корней, на гетерогенной среде (300 и 5 %) – в сочетании ВС:НС = 2:3. Растения выращивали в течение 14 суток на светоплощадке при 14-часовом дне, температуре воздуха 22-24 °С днем и 18-20 °С – ночью, освещенности 16000 лк.

Наблюдения показали, что качественная реакция растений обоих сортов по сухой массе побега, корней и их суммы изменялась по одинаковой схеме: тотальный солевой стресс < тотальный дефицит элементов питания < гетерогенная среда. На гомогенной питательной среде с высокой и низкой концентрацией элементов питания достоверных различий между сортами по массе целого растения не наблюдалось. Но они были существенными на гетерогенной среде: масса целого растения сорта Воронежская 12 оказалась выше, чем у растений Саратовская 62 на 32 %. У отзывчивого на локальное питание сорта отношение массы побега к массе

корней по вариантам опыта изменялось в более широких пределах (2.9-3.6), чем у неотзывчивого Саратовская 62 (3.0-3.4).

Тотальное высокосолевое воздействие на растения обоих сортов существенно, по сравнению с тотальным дефицитом элементов питания, ингибировало линейный рост корней, поглощение воды, незначительно стимулировало их ветвление. В условиях гетерогенного питания интенсивный линейный рост корней низкосолевого статуса сочетался с более активно протекающей пролиферацией не только ВС корней, но и НС корней, не подвергавшихся высокосолевому воздействию. Средняя длина одного отдельно взятого низкосолевого корня на гетерогенной питательной среде была существенно больше, чем на гомогенной низкосолевогой среде и сочеталась с активным (в 1.5 и более раза) поглощением воды. Из полученных данных также следует, что корневая система растений сорта Воронежская 12 характеризуется высокой адаптивной способностью к повышенной концентрации солей в среде. В итоге у растений данного сорта с начальных этапов онтогенеза на гетерогенной питательной среде с наибольшей эффективностью используются оба механизма (линейный рост зародышевых корней и их ветвление) поиска элементов минерального питания и воды. При выращивании растений на почве данные ответные реакции на локальный солевой стресс играют важную роль в продукционном процессе не только на начальных этапах онтогенеза, но и в последующий период жизнедеятельности растений, что и было ранее выявлено в полевых экспериментах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 06-04-49166).

### **ЗНАЧЕНИЕ СВЕТО-ТЕМПЕРАТУРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТЕНИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ВИДА И СОРТА**

#### **Importance of light-temperature characteristics in the ecological evaluation of plant species and varieties**

**Е.С. Холопцева, Э.Г. Попов, А.В. Таланов**  
Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск  
E-mail: [holoitseva@krc.karelia.ru](mailto:holoitseva@krc.karelia.ru)

Разнообразие природных условий нашей страны диктует необходимость поиска новых и наиболее полного использования уже имеющихся видов и сортов растений, которые могли бы обеспечить в конкретных почвенно-климатических условиях стабильный и высокий урожай (Романенко, 1999). Особенно остро вопрос

адаптации растений стоит в условиях Северного региона. Кроме того, дефицит растительного белка в кормовой базе сельского хозяйства России указывает на необходимость изучения высокобелковых культур, таких как представители семейства бобовых, генетический потенциал которых в настоящее время использован не достаточно полно. Имеющиеся в научной литературе сведения о биолого-экологической характеристике растений в основном получены в полевых и вегетационных исследованиях и базируются на фенологических наблюдениях, анатомо-морфологических и цитогенетических данных. Экофизиологические показатели используются гораздо реже, в то время как именно они определяют возможности произрастания растений в конкретных условиях среды (Жученко, 2001). Для обоснования возможности выращивания того или иного сорта или вида растений необходимо знать диапазон его световых и температурных требований, в пределах которого данный вид или сорт может активно развиваться.

Подобные исследования стали возможными благодаря разработке методики постановки активного многофакторного планируемого эксперимента. Обработка экспериментальных данных методом регрессионного анализа дает возможность получить модельные уравнения второго порядка зависимости  $CO_2$ -газообмена растений от света и температуры, которые можно рассматривать как эколого-физиологические характеристики видов и сортов по изученным факторам (Журец, Попов, 1991).

Исследования проводили с несколькими видами и сортами представителей семейства бобовых: тремя сортами клевера красного – с. Тимирязевец, с. ВИК-7, с. НИВА; пятью видами люпина – белый, изменчивый, желтый, многолистный и четырьмя сортами люпина узколистного – с. 846, с. 22, с. 843 и с. Ладный, тремя видами астрагалов – серпоплодный, нутовый и сладколистный, а также с восемью различными генотипами гороха посевного – тремя листочковыми и пятью усиковыми формами.

Проведение многофакторного эксперимента и получение достоверных результатов возможны только при использовании выровненного материала, что требует повышенного внимания на всех этапах его подготовки – от качества семян до исследуемой фазы развития растений. В наших экспериментах растения выращивали в песчаной культуре в специальных для фитотрона сосудах объемом 0.5 л с поливом питательным раствором и добавлением микроэлементов, с заданным рН в диапазоне 6.0-6.8 и фотопериоде 12-16 ч, при освещенности 100-150 Вт/м<sup>2</sup> и температуре 20-18 °С (день/ночь) – с использованием конкретных параметров в зависимости от культуры в пределах ее зоны оптимума. Нетипичные растения удаляли. В определенном, индивидуальном для каждого вида возрасте растения по одному сосуду помещали в установку

для исследования  $\text{CO}_2$ -газообмена. Далее в трех повторностях проводили активный двухфакторный эксперимент, в котором облученность варьировали на трех, а температуру на четырех уровнях, измеряя  $\text{CO}_2$ -газообмен при каждом сочетании факторов.

Исследования показали, что по эколого-физиологической характеристике изученные виды и сорта значительно различаются как по величине потенциального максимума нетто-фотосинтеза – 18-47 мг/г ч, так и по условиям его проявления. Наиболее высокий его уровень наблюдался у люпина многолистного с. Вашингтон – 47.1 мг/г ч при освещенности 640 Вт/м<sup>2</sup> и температуре воздуха 26.5 °С. В то же время наименее требовательным к температурным условиям среди всех изученных видов и сортов оказались люпин узколистный сорт Ладный, который проявлял максимум нетто-фотосинтеза при 17 °С, и горох посевной с. Мультик (14 °С), а наиболее теплолюбивым – клевер красный с. ВИК-7 (32 °С). В то же время менее требовательными к уровню освещенности оказались клевер луговой сорт Тимирязевец, которому для проявления максимума нетто-фотосинтеза необходима облученность 390 Вт/м<sup>2</sup>, и горох посевной с. Мультик (360 Вт/м<sup>2</sup>), а наиболее требовательным к этому же фактору – люпин изменчивый с. Популас (650 Вт/м<sup>2</sup>).

Полученные результаты показали, что каждому виду и сорту растений соответствуют свои совершенно определенные условия свето-температурного режима для проявления их потенциальных продуктивных возможностей. Получение подобных характеристик позволит прогнозировать успешность внедрения того или иного вида и сорта растений в регионы с соответствующими природно-климатическими условиями, а также облегчит подбор селекционного материала при выведении новых более продуктивных и устойчивых сортов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-Карелия № 05-04-97515.

### **ЗНАЧЕНИЕ ХОЛОДОСТОЙКОСТИ В СЕЛЕКЦИИ СКОРОСПЕЛЫХ СОРТОВ РИСА В ПРИМОРЬЕ**

#### **Selection of cold-resistant precose rice varieties in Primorye**

**И.П. Холупенко, О.Л. Бурундукова**

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток

E-mail: [burundukova@ibss.dvo.ru](mailto:burundukova@ibss.dvo.ru)

В Дальневосточном регионе рис возделывается на северной границей ареала вида. Основным направлением селекции риса в северной зоне рисосеяния является создание скороспелых холодоус-

тойчивых сортов. Однако вызывает сомнение обоснованность выбранного направления при современной технологии выращивания (посев во второй половине мая, глубокая заделка семян). На это указывают два обстоятельства: во-первых, систематическое отторжение скороспелых, холодоустойчивых сортов местной селекции как низкоурожайных, и, во-вторых, широкое распространение в крае сортов со средним уровнем холодоустойчивости. В связи с этим были проведены: а) анализ теплообеспеченности скороспелых сортов риса в Приморье при современной технологии выращивания и б) полевые исследования урожайности и структуры урожая сортов в благоприятные и неблагоприятные годы. В исследовании использованы скороспелые сорта Японии и Кореи и сорта, районированные в дальневосточной зоне рисосеяния России, различающиеся по продуктивности и холодоустойчивости.

В сезон, неблагоприятный для риса по тепловому режиму, урожай зерна снижался на 15-30 % в зависимости от сорта. Под воздействием низкой, но положительной температуры в завершающий период налива урожай приморских экстенсивных и корейских генотипов снизился больше, чем японских и приморских интенсивных генотипов. При этом как в благоприятные, так и в неблагоприятные сезоны менее холодоустойчивые корейские сорта превосходили наиболее холодоустойчивые японские сорта по урожаю, когда, казалось бы, холодоустойчивые сорта должны иметь преимущество по урожаю перед нехолодоустойчивыми. Полученные данные показали, что во время налива зерна уровень холодоустойчивости не являлся решающим фактором, определяющим урожайность даже в неблагоприятном (более «холодном») году.

Сделан вывод, что в данной зоне рисосеяния при выращивании риса по современной технологии среди изучаемых генотипов к среде произрастания лучше других приспособлены не холодоустойчивые японские сорта, а сорта Кореи, которые в условиях Приморья не холодоустойчивы.

Совокупность данных указывает на необходимость ретроспективного подхода к анализу агрономического значения холодоустойчивости в селекции сортов риса в северной зоне рисосеяния.

В начальный период рисосеяния, когда отсутствовали скороспелые сорта, рис выращивали по технологии с более ранним посевом, минимальной заделкой семян и без использования гербицидов, холодоустойчивость имела важное значение. В настоящее время при выращивании скороспелых сортов риса по технологии с глубокой заделкой семян в почву холодоустойчивость уже не является экологически необходимым признаком, определяющим урожай скороспелых генотипов риса. Холодоустойчивые скороспелые сорта ин-

тенсивного типа не имеют преимуществ по урожаю перед нехолодостойкими их аналогами. Для повышения продуктивности скороспелых сортов большее значение приобретают теплоотзывчивость и способность наиболее эффективно использовать ресурсы тепла, ограниченные в данной зоне.

Тем не менее, при планируемом переходе в Приморье к безгербицидной технологии (ранний посев с минимальной заделкой семян), которая позволяет выращивать более продуктивные средне- и позднеспелые сорта, холодоустойчивость приобретает первостепенное значение.

#### **ВЗАИМОСВЯЗЬ АЗОТНОГО И УГЛЕРОДНОГО МЕТАБОЛИЗМА В ОНТОГЕНЕЗЕ НЕКОТОРЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

##### **Interrelation of the nitrogen and carbon metabolism in the ontogenesis of some vegetables**

**С.Н. Черезов, Л.А. Наумчева, Л.В. Шикина**  
Казанский государственный университет, г. Казань  
E-mail: *Sergei.Cherezov@ksu.ru*

В сравнении с зерновыми культурами специфическая биологическая особенность овощных состоит в их высокой продуктивности и с момента формирования клубней создается интенсивный однонаправленный поток ассимилятов из надземной части растения в корневую. Одна из приоритетных задач создания биологии овощных культур, перспективных для процесса овощеводства, – это изучение процессов индукции клубнеобразования, организации и регуляции донорно-акцепторных систем у растений для повышения величины и качества урожая (Мокроносов, 1990). В связи с этим задача нашей работы заключалась в изучении динамики основных обменных процессов – углеводных (СНО), азотистых (СНН) и липидных (Л) соединений в онтогенезе свеклы, моркови и картофеля, благодаря которым осуществляются рост и коррелятивная, донорно-акцепторная связь между надземной и корневой частями растения. Биохимический анализ органов растений проводился с помощью инфракрасной Фурье-спектроскопии. Интенсивность дыхания определяли на аппарате Варбурга.

Показано, что в процессе онтогенеза свеклы и моркови содержание углеводных соединений почти в два раза превышало содержание азотистых в листьях и корнеплодах. Динамика азотистых соединений в изучаемых органах была противоположна динамике

углеводных, т.е. в процессе онтогенеза создается полярность распределения этих соединений. Причем двойственность в распределении СНО и СНН веществ присуща как целому растению, так и его органам, и в зависимости от развития растений главенствующими являются то одни, то другие вещества. Динамика содержания липидов положительно коррелировала с динамикой углеводных соединений. Закономерности СНО и СНН представлены в виде их отношения – СНО/СНН (С/Н). Для листьев свеклы и моркови С/Н почти совпадало и изменялось в процессе вегетации от 1.3 до 2.8 (седьмая-восьмая неделя), а затем резко падало до 1.9 к 11 неделе выращивания растений. Для корнеплодов динамика С/Н имела иную зависимость. На четвертой-пятой и восьмой-девятой неделях развития растений как у свеклы, так и у моркови наблюдались минимумы С/Н, а на седьмой-восьмой неделе – максимум. При сравнении также выявлено, что максимуму С/Н листьев соответствовал минимум С/Н корней, и наоборот. Динамика дыхания листьев совпадала с динамикой содержания СНО соединений.

Для листьев картофеля соотношение С/Н находилось на уровне 0.7 (азотный метаболизм), а для корней 1.2 (углеводный метаболизм). В конце бутонизации (четвертая неделя) выявлен максимум С/Н для листьев нижнего и среднего ярусов, что свидетельствует о том, что в нижней надземной части растения происходит интенсивное накопление фотосинтетических ассимилятов, создается их избыток. Аналогичное явление было получено А.Т. Мокроносным. С помощью изотопного метода им было показано, что у картофеля до начала формирования клубней значительное количество ассимилятов накапливается в основании стеблей. Наши данные дополняют это явление еще и тем, что и нижние листья могут быть емким фондом ассимилятов. Причем в этот критический период развития картофеля между вегетативной и репродуктивной фазами в нижних листьях произошел резкий скачок С/Н благодаря увеличению сахаров и уменьшению азотистых соединений, а в корнях, наоборот, наблюдался противоположный резкий минимум С/Н в результате уменьшения сахаров и увеличения азотистых соединений. По-видимому, в этот критический период развития растений создается резкая полярность распределения первичных ассимилятов: максимум углеводов в листьях, на фоне азотного метаболизма листьев и, соответственно, максимум аминокислот и белков в корнях, на фоне углеводного метаболизма корней.

Таким образом, наши исследования показали, что в процессе клубнеобразования овощных культур участвуют все органы растения и в течение всего онтогенеза в листьях и корнеплодах свеклы и моркови углеводный метаболизм доминирует над азотным; в листьях картофеля преобладает азотный метаболизм, а в корнях –



углеводный. Индукция клубнеобразования у картофеля происходит на границе фаз бутонизации и начала цветения благодаря резкому перераспределению ассимилятов: в нижних ярусах листьев – увеличения сахаров и уменьшения азотистых соединений, а в корнях, соответственно, наоборот – уменьшения сахаров и увеличения азотистых соединений.

**ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СУММАРНЫХ ЛИПИДОВ  
ХВОИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ  
В СВЯЗИ С ИХ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬЮ БОРОМ**

**Fatty acid composition of lipids in the needles  
of Scots pine seedlings as related to boron availability**

Н.П. Чернобровкина, О.С. Дорофеева, М.К. Ильинова, Е.В. Робонен,  
Е.Е. Ялынская  
Институт леса КарНЦ РАН, г. Петрозаводск  
E-mail: [chernobrovkina@krc.karelia.ru](mailto:chernobrovkina@krc.karelia.ru)

На северо-западе России, а также в скандинавских странах отмечается дефицит микроэлемента бора для роста хвойных растений. Особенно остро недостаточная обеспеченность бором отражается на росте сеянцев хвойных пород при выращивании в открытом грунте, поскольку ежегодно с посадочным материалом из почвы лесных питомников выносятся элементы минерального питания (ЭМП). Подкормка бором сеянцев хвойных предполагает наличие способа диагностики обеспеченности их микроэлементом, что в свою очередь базируется на понимании закономерностей использования его хвойными растениями. Однако функциональная роль бора у хвойных растений остается слабоизученной. Исследование жирнокислотного состава суммарных липидов (ЖКС СЛ) в связи с обеспеченностью бором хвойных растений не проводилось, в то время как этот показатель является очень важным для характеристики метаболизма древесных растений. Изменение состава жирных кислот липидов приводит к смещению точки затвердевания липидных фракций и тем самым регулирует поддержание жидкокристаллического состояния мембран, активность мембранных ферментов, в итоге – рост и развитие растений.

Цель данной работы – исследование ЖКС СЛ хвои сеянцев сосны обыкновенной в связи с их обеспеченностью бором в различных условиях минерального питания. В задачи исследований входило определение ЖКС СЛ хвои сеянцев сосны второго года жизни в условиях низкого и оптимального фонов минерального питания, а также исследование возможности диагностирования

обеспеченности бором семян сосны по ЖКС СЛ хвой.

Объектом исследования были двухлетние сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), которые выращивали в лесном питомнике (750 шт. м<sup>-2</sup>) в южной части Карелии. Супесчаные почвы питомника бедны ЭМП, в частности, бором (0.0007 % от сухой почвы).

В мае было заложено 14 вариантов опыта. Для каждого варианта выбран изолированный участок площадью 1.5 м<sup>2</sup> в трех повторностях. Варианты опыта отличались дозой вносимого в почву бора и общим фоном минерального питания. В первую половину вегетационного периода трижды вносили бор в виде борной кислоты в семи дозах – 0.1, 0.3, 1, 3, 10, 30, 100 кг га<sup>-1</sup> на фоне низкого уровня обеспечения ЭМП (без подкормок) и оптимального для роста семян сосны обеспечения элементами питания. Контролем для семи вариантов опыта с низким уровнем минерального питания и для других семи вариантов с оптимальным обеспечением ЭМП служили соответствующие по уровню питания участки, в почву которых не вносили бор. В июле анализировали ЖКС СЛ хвой семян, в октябре определяли сухую массу растений. ЖКС определяли методом газо-жидкостной хроматографии.

Общее содержание липидных соединений в хвое семян сосны зависит от обеспеченности их ЭМП. На фоне оптимального режима минерального питания содержание липидных соединений в хвое выше, чем в хвое семян, выращенных в условиях низкого фона минерального питания. У семян, выращенных на двух фонах минерального питания, содержание липидных соединений в хвое выше в контроле (без внесения в почву борной кислоты) по сравнению с вариантами с дополнительным обеспечением бором растений.

В структуре СЛ хвой семян сосны обнаружено 23 ЖК, которые в зависимости от степени ненасыщенности представляют собой моно-, ди-, три- и тетраеновые. В наибольшем количестве представлена пальмитиновая кислота (C<sub>16:0</sub>), которая составляет до 44 % от ЖКС СЛ хвой. Линоленовая (C<sub>18:3</sub>) и линолевая (C<sub>18:2</sub>) кислоты составляют соответственно до 30 и 15 % от ЖКС СЛ хвой. Остальные ЖК СЛ содержатся в хвое в меньшем количестве. Качественный состав ЖК СЛ хвой не зависит от обеспеченности семян бором и другими ЭМП. Обеспеченность бором семян сосны оказывает неоднозначное влияние на количественное содержание различных ЖК СЛ хвой. На двух фонах минерального питания дополнительное обеспечение бором семян способствует повышению содержания стеариновой (C<sub>18:0</sub>) и олеиновой (C<sub>18:1</sub>) кислот. При этом содержание пальмитиновой кислоты (C<sub>16:0</sub>) снижается. Уровень гексадеценовой кислоты (C<sub>16:1</sub>) в ЖКС СЛ хвой сокращается при

дополнительном обеспечении бором сеянцев лишь при выращивании их в условиях низкого фона минерального питания. Сопоставление данных, характеризующих ЖКС СЛ хвой сеянцев сосны с их ростовой активностью в связи с обеспеченностью бором и другими ЭМП растений, позволяет определить пути дальнейших исследований, касающихся способов диагностики обеспеченности ЭМП древесных растений.

### БИОГЕНЕЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВОЛОКОН

#### Biogenesis of plant fibers

Т.Е. Чернова, М.В. Агеева, В.В. Сальников, А.В. Снегирева,  
С.Б. Чемикосова, О.П. Гурьянов, Т.А. Горшкова  
Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, г. Казань  
E-mail: *tchernova@mail.knc.ru*

Волокно (в терминологии биологии растений) – индивидуальная клетка, основными характеристиками которой являются веретеновидная форма, длина до нескольких десятков сантиметров, мощно развитая вторичная клеточная стенка и механическая функция в качестве основной. Волокна склеренхимы – широко распространенный тип механической ткани вегетативных органов наземных сосудистых растений. Они могут входить в состав различных тканей и органов, образовываться в результате деятельности разных типов меристем. На сегодняшний день не существует полной и исчерпывающей классификации растительных волокон, которая должна базироваться на данных о биогенезе волокна, его онтогенетической связи с окружающими тканями, закономерностях отложения и биохимическом составе вторичной клеточной стенки. На разных стадиях развития волокна склеренхимы формируются благодаря различным типам роста, каждый из которых четко выражен и может быть детально проанализирован, что делает эти клетки интересными объектами для изучения механизмов растяжения клеток и формирования клеточных стенок.

Волокна различных видов не однообразны по структуре и составу клеточной стенки. По таким признакам, как расположение микрофибрилл целлюлозы, степень и характер лигнификации, доминирующий компонент нецеллюлозного матрикса, волокна можно разделить на две группы. Волокна первой группы формируют структуру клеточной стенки, типичную для большинства растительных клеток, которая характеризуется спиральным расположением микрофибрилл целлюлозы, доминированием ксилана в нецеллю-

лозном матриксе, высокой степенью лигнификации, которая идет одновременно с отложением слоев клеточной стенки. Типичным примером волокон первой группы являются древесинные волокна. Большой интерес представляют волокна второй группы, формирующие особый тип клеточной стенки, отличающийся слабой лигнификацией, аксиальным расположением микрофибрилл целлюлозы и особым характером биогенеза, в котором ключевую роль играют галактозосодержащие полисахариды. Волокна этой группы, к которой относятся флоэмные волокна лубоволокнистых культур и волокна древесины напряжения, принято называть желатинозными.

Длительное время существовало общепризнанное мнение, что процессы удлинения и формирования вторичной клеточной стенки волокна идут одновременно на протяжении двух-трех месяцев. Кроме того, считали, что утолщение волокна идет по типу выдвижения новых цилиндров вторичной клеточной стенки от его центральной части к апикально растущим концам. Однако вышеприведенная теория развития растительных волокон не согласуется с экспериментальными данными.

Детальное изучение биогенеза волокон склеренхимы, проведенное на примере первичных флоэмных волокон льна (*Linum usitatissimum*), позволило установить продолжительность, локализацию и маркерные признаки отдельных стадий их формирования, выявить гены с тканеспецифичным характером экспрессии. Первичные флоэмные волокна льна, образующиеся из прокамбия, в начале своего развития функционируют скоординированно с окружающими тканями благодаря симпластному росту. Следующий этап развития волокон склеренхимы – интрузивный рост. Его наличие – одна из ключевых особенностей биогенеза волокон. Исследования, проведенные на примере флоэмных волокон льна, показали, что клетки волокон растут всей поверхностью, т.е. диффузно. Удлинение волокна и отложение вторичной клеточной стенки разграничены как в пространстве, так и во времени. Период интрузивного роста единичного волокна непродолжителен и составляет три-пять дней. Переходу волокон льна от стадии удлинения к стадии утолщения клеточной стенки сопутствует накопление тканеспецифичного высокомолекулярного  $\beta$ -1,4-D-галактана.

С использованием разработанных для льна подходов и методов проведен анализ формирования волокон, различных по происхождению, на примере первичных (формирующихся из прокамбия) и вторичных (результат деятельности камбия) флоэмных волокон конопли (*Cannabis sativa*). Результаты исследований указывают на сходный характер биогенеза первичных волокон льна и конопли и вторичных волокон конопли. Полученные данные по-

зволили охарактеризовать маркерные признаки отдельных стадий развития желатинозных волокон. Использование и дальнейшее усовершенствование разработанных подходов и методов открывают возможность анализа биогенеза волокон, связанных онтогенетически с другими тканями и входящих в состав других растительных органов, что создаст дополнительные подходы к классификации растительных волокон. Кроме того, характеристика формирования волокон сделает возможным осознание механизмов роста для существенно большего числа типов клеток, у которых отдельные стадии биогенеза трудно вычленишь столь четко, как у волокон склеренхимы.

#### НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ РАСТЕНИЙ

##### Some new aspects in investigation of plant productivity processes

**В.И. Чиков, Ф.А. Абдрахимов, С.Н. Баташева, Г.Г. Бакирова**  
Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, г. Казань  
E-mail: [chikov@kzn.ru](mailto:chikov@kzn.ru)

В сообщении делается акцент на двух важных (по мнению авторов) для продукционного процесса факторах: движение ассимилятов в листе через терминальный комплекс листа и конкуренция за получение ассимилятов между разными органами-потребителями. По мнению авторов, события на этапе прохождения сахарозы фотосинтетического происхождения от мезофилла до флоэмных окончаний формируют соотношение между экспортом ассимилятов из листа и их использованием на «собственные нужды», которое имеет очень большое значение для хозяйственной продуктивности растений и может изменяться в широких пределах. Одним из важных факторов, влияющих на это соотношение, является нитратный ион и осмотичность окружающей клетку водной среды. На этом этапе возможна как существенная интенсификация, так и ингибирование экспортной функции листа. Показаны возможности управления продукционным процессом путем воздействия на апопласт листа с помощью комплексных соединений (аммиакатов). События, происходящие в листе, также тесно связаны с деятельностью корневой системы, активность которой зависит от конкуренции за получение ассимилятов со стороны других запасающих или репродуктивных органов растения. На примере искусственного регулирования соотношения между хозяйственно важными органами и корневой системой продемонстрировано раз-

личие стратегий растения и человека, его культивирующего. Если для растения цель – оставить максимум потомства, то для сельхозпроизводителя – масса хозяйственно полезной части урожая. Эта диспропорция не изучается с позиции селекции, так как контроль корневой системы затруднен. Авторы предлагают подходы, с помощью которых возможна оценка селекционного материала с позиции конкуренции за ассимиляты со стороны корневой системы без больших потерь самого анализируемого материала. Суть их сводится к отслеживанию изменения урожайных данных в ответ на искусственное нарушение соотношения между объемом образующихся в растении продуктов фотосинтеза и массой потребляющих органов. Чем больше напряженность с получением ассимилятов корневой системой, тем большим увеличением прироста хозяйственно важных органов реагирует растение на частичное сокращение числа или массы последних.

#### ДЕЙСТВИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ЧИСТУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА РАСТЕНИЙ ГРЕЧИХИ

##### Low temperature effect on pure photosynthetic productivity of buckwheat

А.В. Шиленков, Н.Г. Мазей, Е.Э. Нефедьева<sup>1</sup>, В.Н. Хрянин  
Пензенский государственный педагогический университет  
им. В.Г. Белинского, г. Пенза

<sup>1</sup> Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград  
E-mail: [egf@sura.ru](mailto:egf@sura.ru), [nefedieva@rambler.ru](mailto:nefedieva@rambler.ru)

Достаточно давно стоит вопрос о показателях, которые теснее всего коррелируют с биологическим и хозяйственным урожаем растений. Правильный их выбор позволяет прогнозировать продуктивность растений и подбирать способы воздействия на них, корректируя, тем самым, продуктивные процессы. Первостепенное внимание исследователи уделяют фотосинтезу как процессу, формирующему урожай. Нами проведены опыты по определению чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) растений. Объектом исследований служили растения гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench.) сорта Аромат, выращенные в условиях мелкоделяночного опыта на базе Пензенского Ботанического сада. Перед посевом семена в течение 6 час проращивали, а затем охлаждали в холодильных камерах при температурах +4, 0, –4 °С. Продолжительность воздействия составляла 6, 12 и 24 час. Определение проводили в фазу цветения (40 сут.), продолжительность эксперимента состав-

ляла 10 сут. Расчет вели по формуле Кидда, Веста и Бриггса. ЧПФ выражали в мг сухой массы, образуемой 1 м<sup>2</sup> посевов за одни сутки. Проведенные работы показали, что ЧПФ зависит от интенсивности температуры и продолжительности предпосевного воздействия на семена. Наименьшее значение исследуемого показателя отмечено в контроле – 10 мг сухой массы на 1 м<sup>2</sup> посевов за сутки. При воздействии температуры +4 °С в течение 6 час значение превышало контроль на 33.0, в течение 12 час – на 17.0 и при воздействии 24 час – на 10.0 % было меньше контроля. При предпосевном воздействии температуры 0 °С обнаружено уменьшение ЧПФ по сравнению с температурой +4 °С на 4.0-8.3 %, но полученные значения превышали контроль на 22.0 % при продолжительности воздействия 6 час, на 13.0 – при 12 час, на 5.0 – при 24 час. Воздействие температурой –4 °С также снижало ЧПФ относительно показателей растений, обработанных 0 °С, на 5.0-9.2 %, но все же эти значения были выше контрольных при 6, 12 час охлаждения на 12.0-7.0 % соответственно. Таким образом, низкие температуры увеличивали чистую продуктивность фотосинтеза относительно контрольных растений. Причем увеличение было тем больше, чем выше температура и чем меньше продолжительность предпосевного воздействия.

#### ДЕЙСТВИЕ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОЗИДОВ НА РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ПЕРСИКА

##### **Steroid glycosides action on the peach trees growth and productivity**

Г.В. Шишкану, Н.В. Титова, В.П. Пискорская

Институт генетики и физиологии растений АН Республики Молдова,  
г. Кишинев

E-mail: [ifpdirect@mail.md](mailto:ifpdirect@mail.md)

Оптимизация жизнедеятельности растения с помощью биорегуляторов представляет одно из приоритетных направлений исследований в физиологии плодовых растений. Широко известно использование синтетических веществ для регуляции количества завязей, ускорения созревания плодов и укоренения черенков. Значительный научный и практический интерес представляют начатые в последние годы исследования влияния натуральных биологически активных соединений на плодовые растения. Цель представленной работы – изучение действия стероидных гликозидов природного происхождения на рост, донорно-акцепторные отношения и фотосинтетическую продуктивность растений персика.

В условиях лизиметров в течение нескольких лет изучали под-

войные сеянцы персика и привитые на них растения разного возраста сортов Коллинс и Молдавский желтый. В фазу интенсивного роста растения опрыскивали растворами стероидных гликозидов капсикозид, мелангозид, тригонеллозид, выделенных из растений родов *Capsicum*, *Solanum* и *Trigonella*, в установленных нами оптимальных концентрациях. Рост и накопление биомассы, параметры фотосинтетической продуктивности учитывали в конце вегетации. Выявлены высокая отзывчивость и однотипная реакция сеянцев и привитых одно- и трехлетних саженцев персика на экзогенное действие биорегуляторов стероидной природы. Эти вещества, более эффективно мелангозид, активизировали рост надземных органов, в особенности листьев, и корневой системы, способствовали увеличению отношения массы корней к массе листьев и всей надземной части, что отражает динамику донорно-акцепторных отношений в сторону усиления аттрагирующей функции корневой системы. Опытные растения персика отличались более высокими значениями специфической массы листьев, листового индекса, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза. Установлено, что исследуемые соединения способны устранять негативное действие атмосферной и почвенной засухи во время интенсивного роста растений, что характеризует стероидные гликозиды капсикозид, тригонеллозид и мелангозид как активные антистрессанты.

#### **ЭФФЕКТ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ФАР И ДЛИНЫ ДНЯ В ПЕРВЫЙ ПЕРИОД РОСТА ЗЛАКОВ НА ИХ КОНЕЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ**

**Effect of sinergetics activity of PhAR intensity and photoperiod  
on wheat productivity in the first growth period**

**И.А. Шульгин**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва  
E-mail: [ufarin@yandex.ru](mailto:ufarin@yandex.ru)

Рассматриваются многолетние экспериментальные данные о феномене влияния на всходы яровой и озимой пшеницы интенсивности ФАР и длины фотопериода (направленности изменения длины дня в сторону увеличения или уменьшения) на конечную биологическую и хозяйственную продуктивность. Регуляторно-информационное влияние обоих параметров радиационного режима проявляется через детерминацию архитектуры побега (его механическую прочность, размеры арматурных элементов, устойчивость),



обуславливающую в последующем размеры колоса, количество и массу в нем зерновок.

### ЗАВИСИМОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ НАФТОДИАНТРОНОВЫХ ПИГМЕНТОВ *HYPERICUM PERFORATUM* L. ОТ ПРОИСХОЖДЕНИЯ СЕМЯН

#### Origin of seeds and the content of naftodiantron pigments in *Hypericum perforatum* L.

Э.Э. Эчишвили, В.В. Пунегов, В.В. Мишуков  
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар  
E-mail: [elmira@ib.komisc.ru](mailto:elmira@ib.komisc.ru)

Зверобой продырявленный – *Hypericum perforatum* L. семейства зверобойные – *Hypericaceae* – широко распространенное лекарственное растение. Основными действующими веществами *Hypericum perforatum* L. являются нафтодиантроновые соединения – гиперичин и псевдогиперичин. Препараты на их основе используют в качестве антидепрессантов.

Цель данной работы – сравнительное изучение содержания суммы нафтодиантроновых пигментов семи образцов зверобоя продырявленного разного географического происхождения.

Отбор растительного материала проводили в течение двух вегетационных сезонов 2005 и 2006 гг. В фазу массового цветения зверобоя продырявленного была отобрана средняя выборка надземной части растений каждого образца. Объектами исследований послужили растения семи образцов зверобоя продырявленного разного географического происхождения. В качестве исходного материала использованы семена, полученные по обмену от специалистов из Новосибирска, Кирова, Горного Алтая, Барнаула и Саратова. Количественное определение суммы нафтодиантроновых пигментов в экстрактах зверобоя продырявленного осуществляли на спектрофотометре Shimadzu UV1700 при детектировании на длине волны 590 нм.

Зверобой продырявленный характеризуется большой изменчивостью состава нафтодиантроновых пигментов. Массовая доля мажорных компонентов – гиперичина в растении в фазе массового цветения лежит в интервале, согласно литературным данным, от 0.005 до 0.08 % и псевдогиперичина от 0.015 до 0.290 %. Результаты биохимических исследований образцов зверобоя продырявленного разного географического происхождения показали, что достоверно значимых отличий между шестью образцами по содержанию нафтодиантроновых соединений нет. В указанных образцах

методом спектрофотометрии обнаружено 0.059-0.08 % суммы нафтодиантронов (гиперицина и псевдогиперицина). По содержанию указанных соединений отличается только образец из Барнаула (ЮСБС Алтайского ГУ). В нем массовая доля нафтодиантронов достоверно ниже, чем в других образцах, и составляет по данным спектрофотометрического анализа  $0.043 \pm 0.011$  %.

Таким образом, по полученным данным биохимических анализов зверобой прорывленный при культивировании в условиях подзоны средней тайги европейского Северо-Востока независимо от географического происхождения семян не проявляет достоверно выраженных признаков деградации или экспрессии биосинтеза нафтодиантроновых пигментов.

#### **ВЛИЯНИЕ НАНОПОРОШКА ЖЕЛЕЗА НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕКОТОРЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

##### **Effect of iron nano-powder on morpho-physiological indexes in several agricultural crops**

**А.Ф. Яковлев<sup>1</sup>, М.Н. Кондратьев<sup>1</sup>, Г.Э. Фолманис, Л.В. Виноградов**  
Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева

<sup>1</sup> Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,  
г. Москва

E-mail: [mikl-kondr-1939@rambler.ru](mailto:mikl-kondr-1939@rambler.ru)

В почве железа больше, чем любого другого элемента, но доступного железа так мало, что при относительно малой потребности растения часто страдают от его недостатка (хлороз). При физиологических величинах рН концентрации соединений трех- и двухвалентного железа ниже, чем  $10^{-5}$  мМ, и для поглощения его нужно сначала растворить. Чтобы обеспечить себя железом, концентрация соединений которого в тканях составляет  $10^{-6}$  М, растения развили механизмы, позволяющие добывать  $Fe^{2+/3+}$  из почвы. Эти механизмы активируются в ответ на обычный дефицит  $Fe^{3+}$  и есть различия у двудольных и однодольных видов, связанные с интенсификацией дыхания (стратегия I). Активация дыхания способствует работе  $H^+$ -помпы (за счет увеличения доступности АТФ) и обеспечивает синтез органических кислот, которые хелатируют железо. Выкачивание также способствует растворению железа почвенных частиц, а вышедшие хелаторы увеличивают хелатные комплексы с  $Fe^{3+}$ . Хелатированное  $Fe^{3+}$  восстанавливается расположенной на плазмолеме  $Fe^{3+}$ -хелатредуктазой (этот фермент, види-

мо, способен также восстанавливать  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{3+}$ ). Двухвалентное железо ( $\text{Fe}^{2+}$ ) переносится через мембрану специфическим  $\text{Fe}^{2+}$ -транспортером – JRT, который, очевидно, осуществляет транспорт  $\text{Mn}^{2+}$ , но  $\text{Cd}^{2+}$  подавляет его активность. Перенос осуществляется одновременно с активацией  $\text{H}^+$ -АТФазы. Считается, что именно переносчик JRT отвечает за поступление железа из почвы.

У однодольных злаков (кукуруза, пшеница) адаптация, обеспечивающая поглощение железа (стратегия II) связана с синтезом специальных хелатирующих веществ (фитосидероферов) – низкомолекулярных соединений, синтезирующихся в ответ на дефицит железа с образованием на первом этапе никотинамина, которая затем превращается в мученовую кислоту. Последняя является хелатом железа.

В связи с тем, что морфологическая структура растения генетически достаточно детерминирована, представляет интерес оценить ее влияние на накопление железа и других ионов, а также изменчивость уровня физиологических процессов у некоторых сельскохозяйственных культур при использовании нанопорошка железа.

В опытах изучались морфофизиологические реакции кукурузы – гибриды Катерина СВ и Lg-2244, пшеницы сорта Лона и подсолнечника сорта Ригасол на применение нанопорошка железа в концентрациях  $10^{-4}$ - $10^{-6}$ .

Опыты проводились в факторостатных условиях фитотрона лаборатории физиологии растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Поддерживалась постоянная температура – 22-24 °С днем, ночью – 18-20 °С. Источником облучения служили лампы ДРИ-2000-6, фотопериод 18 час, плотность светового потока на уровне листьев верхней части побега – 215 мкмоль/м<sup>2</sup>сек. В вегетационных опытах растения выращивались в песчаной культуре с внесением питательного 1 н раствора Кнопа. Влажность субстрата поддерживалась на уровне 80 % ПВ, при засухе – на уровне коэффициента завядания.

Обработка семян нанопорошком железа способствовала повышению содержания хлорофилла в листьях обоих гибридов, что вызвало увеличение ассимиляции углекислоты растениями, накоплению сухой биомассы, у гибрида Катерина СВ повысило реализацию потенциальной продуктивности у опытных растений. Однако у опытных растений произошло снижение активности каталазы как у гибрида Катерина СВ, так и у гибрида Lg-2244.

Активность каталазы у них имела максимальное увеличение в сравнении с контролем. Наибольшее увеличение сухой биомассы при применении препарата нанопорошка железа из всех изучаемых сельскохозяйственных культур имело место у яровой пше-

ницы. Реализация потенциальной продуктивности у опытных растений в сравнении с контролем снизилась, что показывает доминирование вегетативного развития над генеративным у яровой пшеницы при применении нанопорошка железа. Применение нанопорошка оказало наиболее эффективное влияние на формирование сухой биомассы, активность каталазы и реализацию потенциальной продуктивности опытных растений подсолнечника в сравнении с контролем.

**ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ОСВЕЩЕННОСТИ  
НА АДАПТИВНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ  
СЕМЕЙСТВА GERANIACEAE**

**Effect of irradiance level on adaptive surfaces  
in various representatives of Geraniaceae family**

**О.С. Яковлева, Н.В. Зяблова**

Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева,  
г. Москва

E-mail: *ritulka99@mail.ru*

Адаптивные поверхности растений, осуществляя непосредственный контакт со средой обитания, первыми отвечают на раздражитель. Повышение температуры и инсоляции вызывает вскрытие капсул железистых волосков у представителей семейства Geraniaceae, выход эфирных масел в атмосферу. Это создает особую ауру вокруг растения, способствующую снижению транспирации. Адаптивная поверхность является не только отражением реализации генетических особенностей растения, его адаптивного потенциала, но и анатомо-морфологическим ответом на достаточно длительный раздражитель. Как увеличение, так и уменьшение ксероморфности растения вследствие недостаточного увлажнения или освещенности отражается на состоянии эпидермиса, кутикулы, трихом. Достаточно давно известно, что ксероморфная структура напрямую коррелирует с эфиромасличностью различных видов растений. В последнее время эфирноносные культуры используются не только по их прямому назначению, но и в качестве фитотерапевтических объектов при создании зимних садов. Адаптивные поверхности растений являются определяющими в проявлении терапевтических свойств. Растения с более ксероморфными поверхностями обладают большим целебным эффектом.

Необходимо, чтобы растения, используемые в фитотерапевти-

ческих целях, сохраняли свои свойства на протяжении довольно длительного времени в условиях пониженной освещенности.

В качестве объекта исследований были выбраны пять видов семейства Geraniaceae. Это пеларгония зональная (*Pelargonium zonale* L.), душистая (*P. graveolens* Ait), домашняя (*P. domesticum* L.) и щитовидная (*P. peltatum* L.), а также герань крупнокорневищная (*Geranium macrorhizum* L.). Заложено несколько вариантов с разной степенью освещенности, что достигалось различной удаленностью от естественного источника света. Продолжительность длительных опытов была в течение года, а краткосрочных – месяца.

Длительное затенение изучаемых видов приводит к их значительному угнетению, а иногда и к гибели растений. Под действием неблагоприятных условий происходит снижение площади листьев, их удельной поверхностной плотности и толщины листовой пластинки. Только герань крупнокорневищная в некоторых вариантах смогла сформировать и сохранить мезофитную структуру.

В краткосрочных опытах было установлено, что затенение особенно угнетало пеларгонию душистую и щитковидную. К наиболее теневыносливым видам относятся пеларгония зональная и герань крупнокорневищная. Пеларгония зональная в условиях затенения формировала более мезофитную структуру. У нее уменьшалось количество устьиц на единицу поверхности при их укрупнении (определялось по длине устьичной щели). В этом варианте уменьшалось примерно в два раза количество трихом и железистых волосков.

У герани крупнокорневищной не снижалось количество устьиц. Они немного уменьшались в размерах. У этого вида в условиях затенения появлялись волоски в межжилковом пространстве. В условиях высокой инсоляции простые и железистые волоски располагаются на жилках. Таким образом, герань крупнокорневищная является наиболее адаптированным к условиям затенения видом.