

ISSN 2075-4221

Учредитель –  
**ГНУ НИИ сельского  
хозяйства Юго-Востока  
Россельхозакадемии**

**Главный редактор**  
Прянишников Александр Иванович

**Заместитель главного редактора**  
Шабаев Анатолий Иванович

**Ответственный секретарь**  
Чернева Ирина Николаевна

**Редакционная коллегия**  
Бебякин Василий Михайлович  
Беляков Александр Михайлович  
Васильчук Николай Сергеевич  
Вислобокова Людмила Николаевна  
Глуховцев Владимир Всеволодович  
Голубев Алексей Валерианович  
Джунельбаев Есен Тлеубаевич  
Крупнов Василий Ананьевич  
Курдюков Юрий Федорович  
Медведев Иван Филиппович  
Михайлин Николай Васильевич  
Немцев Сергей Николаевич  
Румянцев Александр Васильевич  
Сибикеев Сергей Николаевич  
Смирнов Александр Алексеевич  
Шевченко Сергей Николаевич  
Эльконин Лев Александрович

**Верстка**

Игудин Анатолий Игоревич

**Литературная редакция**

Рязанов Владимир Васильевич

**Корректурa**

Тихоненко Людмила Ивановна

**Перевод на английский**

Морозова Ольга Валерьевна

**ГНУ НИИ  
сельского хозяйства Юго-Востока  
Россельхозакадемии**  
410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7  
Тел./факс (8452) 64-76-88  
E-mail: raiser\_saratov@mail.ru,  
agrovest@mail.ru  
Сайт: www.ariser.narod.ru

Свидетельство о регистрации средства  
массовой информации  
ПИН № ФС77-37747 от 7 октября 2009 г.

ООО «Фабрика печати»: 410052,  
Саратов, Молодежный проезд, 7.  
Тираж 400 экз. Заказ

**СОДЕРЖАНИЕ**

Колонка главного редактора.....3

**ВЫЕЗДНОЕ ЗАСЕДАНИЕ ПРЕЗИДИУМА  
РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ**Научное обеспечение устойчивого произ-  
водства высококачественного зерна в По-  
волжье (к 100-летию НИИ сельского хозяй-  
ства Юго-Востока).....4Постановление президиума  
Россельхозакадемии.....6**Г.А. РОМАНЕНКО** Аграрная наука в реше-  
нии актуальных проблем зернового произ-  
водства России.....8**А.И. ПРЯНИШНИКОВ** Программа  
НИИСХ Юго-Востока по устойчивому  
производству зерна в регионе .....10**А.А. ЧЕРНЯЕВ** Организационно-  
экономические проблемы развития  
зернового хозяйства в Поволжье.....13**В.Е. ОДИНОКОВ** Использование селекци-  
онного потенциала НИИ сельского хозяй-  
ства Юго-Востока фермерскими хозяй-  
ствами в производстве .....14**ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**Физиолого-биохимические основы  
продукционного процесса  
у культивируемых растений.....16**В.В. БЫЧКОВА, О.П. КИБАЛЬНИК,  
Л.А. ЭЛЬКОНИН** Фотосинтетический  
потенциал гибридов F<sub>1</sub> сорго на разных  
типах стерильных цитоплазм .....17**М.А. СКАЖЕННИК, Н.В. ВОРОБЬЕВ,  
В.С. КОВАЛЕВ, Т.С. ПШЕНИЦЫНА**  
Фотосинтетические и продукционные  
процессы у новых сортов риса.....20**Ю.Ц. МАРТИРОСЯН, М.Н. ПОЛЯКОВА,  
Т.А. ДИЛОВАРОВА, А.А. КОСОБРЮХОВ**  
Регуляторное действие красного и синего  
света на CO<sub>2</sub> газообмен и ростовые процес-  
сы картофеля при облучении растений све-  
тодиодами .....24**Н.А. ЛАДАТКО, О.А. ДОСЕЕВА** Накопле-  
ние и транспорт K<sup>+</sup> и Na<sup>+</sup> в растениях  
сортов риса в условиях почвенного  
засоления .....26**Ю.В. ДАШТОЯН** Организация мезофилла  
листьев яровой мягкой пшеницы  
(Triticum aestivum L.).....29**А.С. ЛУКАТКИН, М.М. РУСЯЕВА,  
А.Н. ГАРЬКОВА, Ю.Н. АРОСЛАНКИНА**  
Влияние гербицидов Гранстар и Топик на  
прорастание семян и ростовые параметры  
культурных злаков.....32**А.М. ПЕТЕРСОН, Е.В. ГЛИНСКАЯ,  
Е.С. ВЕБЕР** Микробоценоз пищеваритель-  
ного тракта клопа вредная черепашка  
(Eurigaster integriceps L.) в Саратовской  
области.....35**СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО****В.А. КРУПНОВ** Типы устойчивости  
растений к насекомым и стоимость  
устойчивости.....37**С.Н. СИБИКЕЕВ, В.М. ПАНИН, И.Ю. ФА-  
ДЕЕВА, А.Е. ДРУЖИН** Скрининг набора  
интрогрессивных линий яровой мягкой  
пшеницы на наличие чужеродных трансло-  
каций и замещений хромосом пшеницы.....41**В.М. БЕБЯКИН, Н.В. КОЧЕТКОВА** Генети-  
ческий сдвиг при отборе гибридных потомств  
яровой мягкой пшеницы по критериям каче-  
ства зерна в условиях однородной среды....45**И.А. КИБКАЛО, В.М. БЕБЯКИН** К оценке  
селекционной значимости нетрадиционных  
критериев качества зерна яровой мягкой  
пшеницы.....47**Н.С. ВАСИЛЬЧУК, В.М. ПОПОВА, Г.И. ПУ-  
ТАРЕВА, С.Н. ГАПОНОВ, Л.В. ЕРЁМЕНКО,  
Т.М. ПАРШИКОВА, Н.М. ЦЕТВА** Урожай и  
качество зерна разных генотипов твердой  
пшеницы (Triticum durum Desf.) в зависи-  
мости от способов уборки.....49**А.В. ТИТАРЕНКО, Л.П. ТИТАРЕНКО,  
А.А. КОЗЛОВ** Тритикале – источник  
рекомбинантных по качеству генотипов  
озимой ржи .....52**В.В. ГУСЕВ, В.В. ЛАРИНА, В.Д. КУЗЬМИН,  
И.Т. РАССОМАХИН, А.В. ХРАМОВ,  
М.М. ХАЛИКОВА, Н.В. КОЧЕТКОВА,  
Р.А. ЭЛЕНБЕРГЕР** Кормовые культуры на  
Юго-Востоке: история, методы исследова-  
ний, селекция, семеноводство и технологии  
возделывания.....54**О.П. КИБАЛЬНИК, Г.И. КОСТИНА,  
Д.С. СЕМИН, И.Г. ЕФРЕМОВА** Скороспе-  
лость и степень использования гидротер-  
мических ресурсов зерновым сорго  
в Саратовской области .....59**А.Ю. ЧУХЛАНЦЕВ** Сроки сева  
подсолнечника в Тамбовской области .....61**О.П. КИБАЛЬНИК, Г.И. КОСТИНА,  
Д.С. СЕМИН** Оценка пластичности  
и стабильности зернового сорго в условиях  
Саратовской области .....64**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ****Ю.Ф. КУРДЮКОВ, Л.П. ЛОЩИНИНА,  
Ж.П. ПОПОВА, Г.В. ШУБИТИДЗЕ,  
Ф.П. КУЗЬМИЧЕВ, М.В. ТРЕТЬЯКОВ**  
Биологические особенности почвы и уро-  
жайность озимой и яровой пшеницы в сево-  
оборотах черноземной степи Поволжья...67**КЛИМАТ И ПОЛЕВЫЕ КУЛЬТУРЫ****Н.Г. ЛЕВИЦКАЯ, О.В. ШАТАЛОВА,  
Г.Ф. ИВАНОВА** Засухи в Поволжье и их  
влияние на производство зерна .....71**ЮБИЛЕЙ**К 80-летию Василия Михайловича  
Бебякина .....75Правила оформления рукописей, предо-  
ставляемых для опубликования в журнале  
«Аграрный вестник Юго-Востока» .....76

# Agrarian Reporter of South-East

№ 3-4 (6-7)

2010

All-Russian  
Scientific and Practical  
Magazine

ISSN 2075-4221

**Founder –**  
State Scientific Institution  
«Agricultural Research  
Institute of South –  
East Region» of Russian  
Agricultural Academy

**Chief editor**  
Pryanishnikov Alexander Ivanovich

**Deputy chief editor**  
Shabaev Anatoly Ivanovich

**Responsible secretary**  
Cherneva Irina Nikolaevna

#### Editorial board

Bebyakin Vasily Mikhailovich  
Belyakov Alexander Mikhailovich  
Dzhunelbaev Esen Tleubayevich  
Elkonin Lev Alexandrovich  
Glukhovtsev Vladimir Vsevolodovich  
Golubev Aleksey Valerianovich  
Krupnov Vasily Ananievich  
Kurdyukov Yury Fedorovich  
Medvedev Ivan Philippovich  
Mikhailin Nikolay Vasilievich  
Nemtsev Sergey Nikolaevich  
Rumyantsev Alexander Vasilievich  
Shevchenko Sergey Nikolaevich  
Sibikeyev Sergey Nikolaevich  
Smirnov Alexander Alekseyevich  
Vasilchuk Nikolay Sergeyevich  
Vislobokova Lyudmila Nikolaevna

**Make-up**  
Igudin Anatoly Igorevich

**Literary version**  
Ryazanov Vladimir Vasilievich

**Correction**  
Tikhonenko Lyudmila Ivanovna

**Translation into English**  
Morozova Olga Valerievna

State Scientific Institution  
«Agricultural Research Institute  
of South – East Region» of Russian  
Agricultural Academy  
Russia, 410010, Saratov,  
Tulaikova str., 7  
Tel./fax: 007 8452 64 76 88  
E-mail: raiser\_saratov@mail.ru,  
agrovest@mail.ru  
Web-site: www.ariser.narod.ru

## CONTENS

Chief editor's column.....3

### VISITING SESSION OF RUSSIAN AGRICULTURAL ACADEMY PRESIDUM

Scientific maintenance of sustainable high-quality grain production in the Volga region» (Dedicated to the 100th anniversary of Agricultural Research Institute of South – East Region).....4

Russian Agricultural Academy presidium resolution.....6

**G.A. ROMANENKO** Agrarian Science for Decision of Urgent Problems of Russian Grain Production.....8

**A.I. PRYANISHNIKOV** Agricultural Research Institute of South-East Region Program for Sustainable Grain Production in the Region.....10

**A.A. CHERNYAEV** Organizational and Economic Problems of Grain Farming Development in the Volga Region.....13

**V. E. ODINOKOV** Application of Breeding Developments of Agricultural Research Institute of South – East Region by Farms in Manufacture.....14

### PLANT PHYSIOLOGY

Physiological and Biochemical Bases for Production Process of Cultivated Plants.....16

**V.V. BYCHKOVA, O.P. KIBALNIK, L.A. ELKONIN** Photosynthetic Potential of F<sub>1</sub> Sorghum Hybrids Obtained in Different Types of Male-Sterile Cytoplasms.....17

**M.A. SKAZHENNIK, N.V. VOROBYOV, V.S. KOVALYOV, T.S. PSHENITSINA** Photosynthetic and Production Processes in New Rice Varieties.....20

**Y. T. MARTIROSYAN, M. N. POLYAKOVA, T. A. DILOVAROVA, A. A. KOSOBRYUKHOV** Regulatory Influence of the Red and Blue Light on CO<sub>2</sub> Gas Exchange and Growth of Potato under Diodes Irradiation.....24

**N.A. LADATKO, O.A. DOSEEVA** Accumulation and Transport of K<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup> in Rice Varieties Plants under Conditions of Soil Salinity.....26

**YU.V. DASHTOYAN** Mesophyll organization of spring bread wheat leaves (Triticum aestivum L.).....29

**A. S. LUKATKIN, M. M. RUSYAEVA, A. N. GARKOVA, YU. N. AROSLANKINA** Effects of Herbicides «Granstar» and «Topic» on Seeds' Germination and Growth Parameters of Cultivated Cereals.....32

**A.M. PETERSON, E.V. GLINSKAYA, E.S. VEBER** Microbocenosis of Digestive Tract of Eurigaster Integriceps L. in the Territory of the Saratov Region.....35

### BREEDING AND SEED GROWING

**V.A. KRUPNOV** Types of Plant Resistance to Insects and Cost of Resistance.....37

**S.N. SIBIKEYEV, V.M. PANIN, I.YU. FA-DEYEVA, A.E. DRUZHIN** Screening of Spring Bread Wheat Introgression Lines for Detection of Alien Translocations and Wheat Chromosomes' Substitution.....41

**V.M. BEBYAKIN, N.V. KOCHETKOVA** Genetic Shift at Selection of Hybrid Posterities of Spring Soft Wheat by Criteria of Grain Quality in the Conditions of Homogeneous Environment.....45

**I.A. KIBKALO, V.M. BEBYAKIN** To the Estimation of Breeding Value of Nonconventional Criteria of Spring Soft Wheat Grain Quality.....47

**N.S. VASILTCHUK, V.M. POPOVA, G.I. SHUTAREVA, S.N. GAPONOV, L.V. YEREMENKO, T.M. PARSHIKOVA, N.M. TSETVA** Grain Yield and Quality of Various Durum Wheat (Triticum durum Desf.) Genotypes Depending on Harvesting Techniques.....49

**A.V. TITARENKO, L.P. TITARENKO, A.A. KOZLOV** Triticale – the Source of Quality Recombinant Genotypes of Winter Rye.....52

**V.V. GUSEV, V.V. LARIN, V.D. KUZMIN, I.T. RASSOMAKHIN, A.V. KHRAMOV, M.M. KHALIKOVA, N.V. KOCHETKOVA, R.A. ELENBERGER** Forage Crops in the South-East: History, Research Techniques, Breeding, Seed-Growing and Cultivation Technologies.....54

**O.P. KIBALNIK, G.I. KOSTINA, D.S. SEMIN, I.G. EFREMOVA** Maturity Period and Extent of Hydrothermal Resources' Use by Grain Sorghum under the Conditions of the Saratov Region.....59

**A. YU. CHUHLANTSEV** Terms of Sunflower Sowing in the Tambov Region.....61

**O.P. KIBALNIK, G.I. KOSTINA, D.S. SEMIN** Plasticity and stability assessment the grain sorghum under the conditions of Saratov region.....64

### AGRICULTURE

**JU.F. KURDYUKOV, L.P. LOSCHININA, ZH.P. POPOVA1, G.V. SHUBITIDZE, F.P. KUZMICHEV, M.V. TRETIAKOV** Soil Biological Features and Winter and Spring Wheat Productivity in Crop Rotations of Black-Earth Steppe of the Volga Region.....67

### CLIMATE AND FIELD CROPS

**N.G. LEVITSKAYA, O.V. SHATALOVA, G.F. IVANOVA** Droughts in the Volga Region and Their Influence to Grain Production.....71

### ANNIVERSARY

Dedicated to 80th anniversary of Bebyakin Vasily Mikhaylovich.....75

Rules of Manuscripts' Design for Publication in Magazine «Agrarian Reporter of South-East».....76

## Уважаемые коллеги!

**Редакция предлагает вашему вниманию сдвоенный номер журнала «Аграрный вестник Юго-Востока» № 3-4 за 2010 год. В нашей редакционной практике это первый опыт издания журнала в подобном формате.**

Открывает номер раздел «Выездное заседание президиума Россельхозакадемии». Событие это состоялось в конце июня 2010 года в Саратове. Событие знаковое для НИИ сельского хозяйства Юго-Востока, поскольку проходило на его базе и было приурочено к 100-летию института. Разумеется, значение состоявшейся научной дискуссии вышло далеко за рамки отдельного института и имеет принципиальное значение для организации научного сопровождения зернового производства в Поволжском регионе. Я бы сказал более, в Саратове обсуждалась и отработывалась модель эффективного взаимодействия науки и аграрного производства, элементы которой могут быть использованы и в других регионах страны.

Решать проблемы зернового производства российским аграриям приходится в сложных погодных и экономических условиях. Анализ ситуации, сложившейся в аграрном секторе в результате засухи двух последних лет и мирового финансового кризиса; прогнозные оценки и рекомендации читатели номера найдут как в статьях составивших первый, так и последующие разделы журнала.

Хотел бы в связи с названной проблематикой поделиться наболевшим. Засухи последних лет предельно четко выявили узкие места аграрного производства: семеноводство — одно из них. Убежден, после жестокой засухи 2010 года нельзя ограничиться только оперативными мерами. Необходимо всемерно развивать государственное семеноводство, альтернативы которому в зоне рискованного земледелия нет.

Ядром новой системы должны стать региональные НИИ сельского хозяйства Россельхозакадемии и сеть специализированных хозяйств, работающих под их эгидой. Именно эти научно-производственные комплексы способны максимально использовать научный потенциал, своевременно и в полном объеме обеспечить хозяйства качественными семенами. И еще одно стратегическое направление — создание региональных страховых фондов семян. Считаю, без этих мер стабилизировать производства зерна в Саратовской области и в других регионах, входящих в зону рискованного земледелия, не удастся.

Обращаю ваше внимание на блок статей, помещенных в разделе «Физиология растений». Они явились результатом усилий авторов — участников Всероссийского симпозиума «Физиолого-биохимические основы продукционного процесса у культивируемых растений», который состоялся минувшей осенью на базе НИИСХ Юго-Востока. Прошедший симпозиум — это попытка объединить научные силы, возро-

дить физиологию продукционного процесса, как актуальное научное направление, которое в последние годы в силу разных обстоятельств было явно недооценено.

Симпозиум посвящен 85-летию со дня рождения профессора Кумакова, признанного теоретика физиологии продукционного процесса, который многие годы плодотворно работал в НИИСХ Юго-Востока. Хочу также сообщить, что отныне в Саратове будут регулярно проходить «Кумаковские чтения», посвященные актуальным вопросам продукционного процесса и физиологии растений.

В конце года принято подводить итоги. Среди крупных мероприятий, инициатором которых стал НИИ сельского хозяйства Юго-Востока, отмечу проведение в Саратове II региональной научно-практической конференции «Зональные особенности научного обеспечения сельскохозяйственного производства Юго-Востока России 2010» и Всероссийской научно-практической конференции «Молодые ученые агропромышленному комплексу Поволжья». Важным результатом этих встреч стало усиление кооперационных связей между исследовательскими центрами Поволжья.

Эта объединительная работа в рядах научного сообщества в традициях саратовской научной школы, у истоков которой стояли выдающиеся ученые и организаторы науки Александр Иванович Стебут и Георгий Карлович Мейстер. Наследуя их опыт, мы стремимся решать научные задачи системно и комплексно; работать на опережение, имея в виду потребности аграрного производства.

В НИИСХ Юго-Востока также поставили себе за правило, используя различные информационные каналы, постоянно информировать коллег о проделанной работе. Пишу об этом, имея целью, стимулировать приток в журнал заметок (жанр в данном случае не имеет значения) о событийной стороне научной жизни коллективов ученых, работающих в Поволжье и в других регионах страны. Такие публикации, несомненно, обогатят информационную палитру журнала.

Что касается ближайших планов НИИСХ Юго-Востока в новом году, то начнется он с январской организационной встречи в Саратове членов Национального союза селекционеров и семеноводов. А в марте на базе института проведем III региональную научно-практическую конференцию — будем рады, уважаемые коллеги, видеть вас в числе ее участников.

С пожеланием удачи и с Новым годом,



**А.И. ПРЯНИШНИКОВ,**  
директор НИИСХ Юго-Востока РАСХН

## Научное обеспечение устойчивого производства высококачественного зерна в Поволжье (к 100-летию НИИ сельского хозяйства Юго-Востока)

### Scientific maintenance of sustainable high-quality grain production in the Volga region (Dedicated to the 100th anniversary of Agricultural Research Institute of South-East Region)

С 23 по 26 июня 2010 года в Саратове состоялось выездное заседание президиума Россельхозакадемии: «Научное обеспечение устойчивого производства высококачественного зерна в Поволжье» (к 100-летию НИИ сельского хозяйства Юго-Востока). Выездное заседание президиума академии прошло в расширенном составе. В его работе приняли участие руководители ряда академических и региональных институтов РАСХН, а также представители Минсельхоза РФ и саратовского АПК.

Снижение объемов производства продовольственного зерна и его качества – тенденция, которая прослеживается за последние десятилетия в Поволжье. Как переломить этот негатив в регионе, занимающем в стране второе место по объему производства зерна и к тому же подверженного частым засухам, решали в Саратове на выездном заседании президиума Россельхозакадемии.

Разрушение новомодных и застарелых стереотипов – один из практических результатов работы научного сообщества в Саратове. Тон дискуссии задал президент Россельхозакадемии, академик Г.А Романенко, который заявил, что бытующее утверждение о перепроизводстве зерна в России не соответствует действительности. В стране, считает Романенко, реально имеет место дефицит высококачественного продовольственного зерна.



Выездное заседание президиума РАСХН в Саратове вступительным словом открыл президент Академии Г.А. Романенко.

– Россия производит пшеницы 1-го и 2-го класса всего около 2 процентов от общего объема, что очень скромно для страны, располагающей уникальными генетическими ресурсами и претендующей на роль ведущего экспортера зерна, – обосновал свою позицию президент Россельхозакадемии.

Стереотип второй. Сопряженные года, так специалисты

называют периоды, когда сильные засухи следуют одна за другой без перерыва. Именно такой мощный тепловой удар пришелся на Поволжье в 2009-2010 годах. Но если расширить временной горизонт до столетия, то по наблюдениям ученых Самарского НИИСХ имени Н.М. Тулайкова получается, что 47 процентов, или почти каждый второй год, в регионе был засушливый.

«Качество зерна – основа безопасности и сохранения генетического потенциала нации» – инновационная научно-исследовательская межотраслевая программа, создание которой было одобрено в Саратове академической элитой.





Для ученых НИИСХ Юго-Востока, их коллег из исследовательских центров Поволжья и других регионов страны дни работы президиума РАСХН в Саратове стали временем интенсивных научных контактов в стенах института и на опытных полях.

– Опираясь на многолетние наблюдения можно совершенно определенно говорить, что засуха в Поволжье – это норма, а не погодная аномалия, – заявил на заседании президиума академии директор Самарского НИИСХ С.Н. Шевченко. – И потому работа на этом направлении в связке «наука – производство» должна носить не ситуационный, а системный характер. В этой системе, наряду с научной деятельностью, важной составляющей являются своевременно предпринятые организационные меры.

Ярмарка инноваций, которая была развернута в окрестностях Саратова в дни работы выездного заседания президиума академии, один из элементов такого системного подхода. На ней был представлен основной спектр селекционных разработок ученых Поволжья за последние годы, а это более тридцати сортов зерновых культур, отличающихся засухоустойчивостью и высоким качеством зерна; зональные технологии, в том числе для сухостепного земледелия; и внушительный набор сельскохозяйственных машин отечественного производства.

Ставка на российского производителя сельхозтехники сделана организаторами ярмарки инноваций с учетом рыночной конъюнктуры. Дилеры, работавшие на ярмарке, рост спроса на продукцию российских предприятий объясняли относительной ее дешевизной в сравнении с зарубежными образцами, а еще повышением качества и надежности российских сельхозмашин, достигнутые за последние годы. И потому можно говорить об уходе в прошлое многолетнего стереотипа о подавляющем превосходстве импортной сельхозтехники в сравнении с российской, считает коммерческий директор Осколсельмаша А.Ф. Файнов.

Стереотип четвертый и алгоритм его преодоления сформулировал директор НИИСХ Юго-Востока А.И. Прянишников.

– Проблему обеспечения качества зерна силами отдельно взятого института или региона не решить. Нужна инновационная научно-исследовательская межотраслевая программа с серьезной долговременной господдержкой. Только в таком формате можно обеспечить решение проблемы по всей технологической цепочке – от производства зерна до его переработки, – убежден Прянишников.

У этой программы уже есть название: «Качество зерна – основа безопасности и сохранения генетического потенциала нации». Ее разработку президиум Россельхозакадемии поручил проблемному совету по качеству зерна отделения растениеводства академии.

По итогам встречи научной элиты в Саратове среди практических мер, способных обеспечить повышение качества зерна в стране и регионе, производственникам рекомендовано расширить площади под посевы сортов яровой твердой пшеницы и зернобобовых культур, особенно засухоустойчивого и богатого белком нута. Наука же, укрепив кооперационные связи, сосредоточится на перспективных направлениях. Одно из них – освоение принципиально новых методов селекции, в том числе биоинженерии зерновых

культур. На этой инновационной основе уже созданы сорта и гибриды с высоким качеством зерна, устойчивые к сельскохозяйственным вредителям и болезням, а также к засухе и другим погодным стрессам.

**От редакции:** Предлагаем вашему вниманию ряд докладов, в которых отражена основная проблематика выездного заседания президиума Россельхозакадемии: «Научное обеспечение устойчивого производства высококачественного зерна в Поволжье» (к 100-летию НИИ сельского хозяйства Юго-Востока).



Памятный юбилейный Знак в честь 100-летия НИИСХ Юго-Востока.

**Постановление президиума Россельхозакадемии**

от 23-24 июня 2010 г.

**Научное обеспечение устойчивого производства высококачественного зерна в Поволжье****Russian Agricultural Academy Presidium resolution**

June 23-24, 2010

**Scientific maintenance of sustainable high-quality grain production in the Volga region**

Поволжский регион Российской Федерации специализируется на производстве зерна, ежегодно обеспечивая более 25% его валовых сборов в России. Однако неустойчивость погодных факторов и ухудшающаяся фитосанитарная обстановка не позволяют стабильно получать в зоне высокие урожаи зерна.

Биологический фактор является важнейшим в устойчивом получении больших сборов зерна с высокими биохимическими и технологическими свойствами. Селекционерами НИУ Поволжья за последние пять лет созданы и внедрены в производство более 30 адаптированных и высококачественных сортов озимой пшеницы. Наибольшее распространение в производстве получили сорта Безенчукская 380 (Самарский НИИСХ им. Н.М. Тулайкова), Саратовская 90 и Жемчужина Поволжья (НИИСХ Юго-Востока), Поволжская 86 (Поволжский НИИСС им. П.П. Константинова). Успешно возделываются 38 сортов яровой мягкой пшеницы, среди которых наиболее востребованными в производстве считаются Саратовская 68, Саратовская 70, Фаворит, Беянка (НИИСХ Юго-Востока), Тулайковская 10 (Самарский НИИСХ), Кинельская 59 (Поволжский НИИСС). В производстве находится также 7 сортов озимой ржи, в том числе зимостойкие, урожайные Саратовская 4, Саратовская 5, Саратовская 7 (НИИСХ Юго-Востока), Безенчукская 87 (Самарский НИИСХ). Высокие адаптивность и продуктивность отмеченных сортов зерновых культур ярко проявились в условиях сильнейшей засухи 2009 и 2010 годов.

Достигнуты определенные успехи в селекции ярового ячменя, проса, зернобобовых культур, кукурузы и сорго. Ученым удалось решить такие сложные проблемы, как получение на основе ДНК-технологий резистентных сортов яровой мягкой пшеницы с высокой генетической устойчивостью к бурой ржавчине (Саратовская 73 и др.); яровой твердой пшеницы (Золотая Волна, Луч 25) с повышенным содержанием в зерне каротиноидных пигментов, обладающих отличным качеством макарон; белозерных, с повышенным качеством зерна, зимостойких высокопродуктивных сортов озимой ржи (Иван и др.); засухоустойчивых, урожайных сортов пивоваренного и кормового ячменя (Як 40, Нутанс 278, Ястреб, Казак и др.); устойчивых к меланозу, пыльной головне сортов проса с отличными показателями качества крупы (Саратовское Желтое, Заряна); неосыпающихся, неполегающих, с детерминантным типом листа, высокопродуктивных сортов гороха посевного (Флагман 9, Самариус), а также скороспелых, высокопродуктивных сортов сои (Соер 7, Саммер и др.), гибридов кукурузы (Кин 216, Самбез 175 МВ, СГ 2 МВ) и других культур.

Ученые Россельхозакадемии и Минсельхоза России разработали Концепцию Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России до 2020 года».

Научными учреждениями Поволжья за последние 5 лет разработаны более 20 региональных влагосберегающих, эффективных, экологически безопасных технологий возделывания зерновых культур, а также экономически оправданные, экологически безопасные технологии производства семян высших репродукций, включая зерновые колосовые, зернобобовые, крупяные культуры, сорта и гибриды кукурузы и сорго. Реализация их в практику способствует получению больших сборов зерна, с высокой степенью сортовой чистоты. Ежегодно научные учреждения Поволжья реализуют хозяйствам региона более 15 тыс. т оригинальных и элитных семян, а также семян гибридов первого поколения кукурузы и сорго.

Перед учеными стоят сложные научные проблемы по созданию сортов сельскохозяйственных растений с высокими качественными показателями, требуется проведение исследований молекулярно-генетических особенностей белкового и клейковинного комплексов зерна. Приоритетным направлением исследований является повышение продуктивного потенциала зерновых культур на основе совершенствования методов селекции по созданию высокоурожайных сортов, устойчиво формирующих в условиях неблагоприятной среды качественное зерно, сбалансированное по аминокислотному составу белков, активности ферментов и с улучшенными питательными свойствами, характеризующихся толерантностью к ряду биотических стрессоров (клоп вредной черепашки и др.), обладающих одновременно и устойчивостью к засухе, и резистентностью к токсикогенным грибам.

**Президиум Россельхозакадемии  
ПОСТАНОВЛЯЕТ:**

1. Признать ведущим направлением в селекции создание сортов зерновых культур, приспособленных к лимитирующим абиотическим и биотическим факторам среды при сохранении и повышении потребительских и технологических свойств для различного назначения (продовольственное, кондитерское, пивоваренное, фуражное зерно и др.).

2. Приоритетными фундаментальными исследованиями по изучению генетической природы адаптации и качества продукции считать проведение комплексных генетико-цитологических, биохимических и ДНК-маркированных исследований в области мобилизации и использования генофонда, а также усиление генетических и физиологических исследований по изучению реакции биологических систем на постоянно меняющуюся климатическую обстановку.

3. В связи с изменением климата, видового состава опасных патогенов растений, усилением вредоносности ряда заболеваний, селекцентрам региона:

– усилить селекцию на устойчивость растений к биотическим факторам среды для создания сортов зерновых культур с генами устойчивости к комплексу наиболее опасных болезней и вредителей;

– разработать комплекс мер по улучшению фитосанитарной обстановки на всех стадиях производства, включая селекцию и семеноводство, возделывание культур, уборку, хранение и переработку продукции на основе учета экологической ситуации и высокой адаптивности фитопатогенных микроорганизмов;

– разработать методы и средства, предотвращающие микробиологическую порчу зерна в предуборочный и послеуборочный периоды с использованием физических факторов воздействия на микробные контаминанты зерна, муки и хлеба и биологических средств интенсификации сельскохозяйственного производства;

– уделить особое внимание созданию жаростойких, засухоустойчивых сортов озимой, яровой пшеницы и других культур, обеспечивающих получение в экстремальных условиях стабильно высоких урожаев зерна с отличными технологическими и хлебопекарными качествами;

– обеспечить в 2011-2020 гг. совершенствование существующих и разработку новых технологий селекционного процесса, принципиально новых методов селекции, в том числе биоинженерии зерновых культур, способствующих созданию сортов и гибридов, устойчивых к биотическим и абиотическим стрессорам, с высоким качеством зерна.

4. Научно-исследовательским институтам Отделения растениеводства, Отделения защиты растений, Отделения земледелия, Отделения мелиорации, водного и лесного хозяйства, функционирующим в Поволжском регионе (НИИСХ Юго-Востока, Самарский НИИСХ, Поволжский НИИСС, Нижне-Волжский НИИСХ, Прикаспийский НИИ аридного земледелия, Татарский НИИСХ, Ульяновский НИИСХ и др.):

– усилить разработку новых дифференцированных, высококачественных (прецизионных) технологий производства высококачественного зерна и высокоурожайных сортовых семян высших репродукций с повышением уровня урожайности к 2020 г. до 30%, оптимизацией показателей качества продовольственного и кормового зерна;

– разработать принципиально новые адаптивно-ландшафтные системы земледелия, машинные технологии выращивания зерновых культур с учетом изменения климата, агроландшафтных особенностей территорий и применения новой техники, видов минеральных удобрений и средств защиты растений, создания многовидовых агросистем и экологически устойчивых агроландшафтов на основе био-разнообразия;

– усилить исследовательские работы по системному противдействию засухам, их реальной оценке вредоносности, в том числе социальных, экономических и экологических последствий;

– обратить особое внимание на проблему восстановления и использования мелиорированных земель как важней-

шего фактора устойчивого ведения сельского хозяйства в засушливых регионах;

– разработать региональные программы для областей Поволжья по эффективному использованию земель, повышению их почвенного плодородия.

5. ВНИИ зерна, ВНИИ хлебопекарной промышленности совместно с отраслевыми НИИ Отделения растениеводства, Проблемным советом по качеству зерна разработать более эффективные методы оценки качества зерна в процессе заготовок:

– пересмотреть межведомственные классификационные ограничительные нормы технологических, химических и физико-химических показателей для включения сортов озимой и яровой мягкой пшеницы в список «сильных» и ценных по качеству, а также основные требования к качеству зерна ячменя пивоваренного назначения;

– разработать ГОСТы и ТУ на муку тритикале для различных целей использования: хлебобулочные и кондитерские изделия, комбикормовое производство, получение крахмалопродуктов;

– разработать нормативную документацию, регламентирующую использование зерна мягких пшениц в макаронной промышленности;

– разработать и нормировать новые показатели качества зерна и продуктов его переработки с учетом требований потребителей, расширить ассортимент мучных изделий; провести стандартизацию качества зернофуража и комбикормов для различных видов сельскохозяйственных животных.

6. Научно-исследовательским институтам региона, Проблемному совету по качеству зерна до 01.01.2011 года разработать и представить на утверждение Президиуму Россельхозакадемии инновационную научно-исследовательскую межотраслевую программу «Качество зерна – основа безопасности и сохранения генетического потенциала нации».

7. Научным учреждениям Отделения экономики и земельных отношений (ВНИИЭСХ, Поволжский НИИ ЭО АПК и др.) усилить координацию научных исследований при разработке Концепций развития АПК в субъектах Поволжского региона до 2020 г. в соответствии с доктриной продовольственной безопасности России, обратив особое внимание на обеспечение устойчивого производства высококачественного зерна и повышение его эффективности в засушливом регионе.

8. Институтам Россельхозакадемии усилить информационную работу по пропаганде устойчивого ведения сельского хозяйства в зоне своей деятельности, с этой целью регулярно проводить научно-практические конференции, совещания, Дни поля, шире публиковать сообщения в средствах массовой информации.

9. Создать при НИИСХ Юго-Востока (головная организация) Поволжский научно-координационный центр по селекции и семеноводству сельскохозяйственных культур Россельхозакадемии.

10. Контроль за выполнением настоящего Постановления возложить на и.о. вице-президента Россельхозакадемии И.В. Савченко.

## Аграрная наука в решении актуальных проблем зернового производства России

### Agrarian Science for Decision of Urgent Problems of Russian Grain Production

**Г.А. РОМАНЕНКО,**  
*президент РАСХН,  
академик  
г. Москва*

**G.A. ROMANENKO,**  
*President of Russian  
Agricultural Academy,  
Academician, Moscow*

**Производство зерна в Российской Федерации традиционно является основой не только сельского хозяйства, но и всего агропромышленного комплекса. Недаром же народная пословица гласит: «Хлеб всему голова». С зерновыми ресурсами непосредственно связано почти 40% агропромышленного производства, доля зерна составляет одну треть стоимости валовой и свыше половины товарной продукции растениеводства. Зерно — основа продовольственной безопасности и стратегических резервов нашей страны.**

В России производится ежегодно, в зависимости от погодных условий, 80-100 млн. тонн зерна, из них пшеница составляет около 60 процентов. Уменьшение спроса на зерно внутри страны из-за значительного сокращения поголовья скота и конъюнктура цен на мировом рынке привели к росту его экспорта, который составил в 2009 г. более 20 млн. тонн.

К сожалению, качество зерна желает быть намного лучше. Россия производит пшеницы 1-го и 2-го класса всего около 2% общего объема, что очень скромно для страны, располагающей уникальными генетическими ресурсами и претендующей на роль ведущего в мире экспортера зерна. За последнее десятилетие содержание клейковины в пшенице снизилось на 2-3%.

Крайне мало выращивается и мягкой пшеницы 3-го класса, в то же время пшеница 4-го класса устойчиво составляет 40% ее товарного объема. Почти 80% отгружаемой на экспорт пшеницы приходится на 4-5-й классы, что существенно снижает ее конкурентоспособность на мировом рынке.

В 2009 году было произведено всего лишь 310 тыс. тонн зерна твердых сортов пшеницы.

Существующая дифференциация цен на зерно по классам не стимулирует производство зерна высокого качества. Так, в 2006-2009 гг. разница в уровне рентабельности производства пшеницы 1-2-го класса по сравнению с зерном 3-го класса составила лишь 4-8 процентных пунктов.

К сожалению, при огромном дефиците пищевого и кормового белка мало производится зернобобовых культур. В хрущевские времена одна Татария производила гороха больше, чем сейчас вся страна.

Полностью забыт нут, одна из самых засухоустойчивых культур. В Украине разработана специальная программа увеличения производства нута для питания и комбикормовой промышленности. Опыт соседей надо использовать сполна.

Беспорны успехи селекционеров и технологов, занимающихся крупными культурами. Однако и здесь есть огромные резервы в увеличении производства и повышении качества проса, гречихи. Молодое поколение должно знать, что есть такие культуры, как фасоль, чечевица, полба.

Место проведения сегодняшнего выездного заседания президиума Россельхозакадемии, посвященного вопросам улучшения научного обеспечения производства высококачественного зерна, выбрано не случайно. Саратовская губерния издавна славилась высоким качеством выращиваемого здесь зерна, которое пользовалось исключительно высоким спросом, в том числе и у заморских купцов. А поскольку выращивание высококачественного зерна в Юго-Восточной зоне России сопряжено с серьезными трудностями из-за жестких почвенно-климатических условий, то вполне понятно стремление видных ученых подключиться к решению этой важной проблемы.

В Поволжье в начале прошлого века создается сеть научных учреждений, в том числе и Саратовская сельскохозяйственная опытная станция, ставшая базой сегодняшнего НИИСХ Юго-Востока. Здесь успешно работали А.И. Стебут, П.А. Костычев, А.П. Шехурдин, Г.К. Мейстер, Н.И. Вавилов, Н.М. Тулайков, В.Н. Мамонтова, Р.Э. Давид, П.Н. Константинов, А.А. Рихтер, Н.А. Максимов и многие другие корифеи отечественной аграрной науки. Их фундаментальные труды и богатейшее научное наследие успешно развивает и использует в практической работе по научному обеспечению агропромышленного производства в засушливой Юго-Восточной зоне страны сегодняшнее поколение ученых.

Данные научных исследований и передовая практика свидетельствуют о том, что только комплексное применение экономических, биологических, агротехнических, мелиоративно-ирригационных, экологических и других мер способно обеспечить устойчивое производство высококачественного зерна.

Важное значение имеет оптимизация размещения посевных площадей зерновых культур, в том числе уточнение структуры зернового клина. Учеными разработана карта агроклиматических ресурсов страны, где выделены зоны, отличающиеся по гидротермическому коэффициенту, что позволяет определить для каждой культуры наиболее благоприятный ареал распространения. Вместе с тем не следует забывать, что жизнь не стоит на месте, меняются климатические и экономические условия и поэтому исследования по агроклиматическому районированию должны вестись постоянно.

Одним из факторов стабилизации зернового производства является создание и внедрение системы сортов, отличающихся по длине вегетационного периода и другим показателям. В зависимости от складывающихся погодных условий преимущество получает тот или иной сорт, и они дополняют друг друга по урожайности и ряду других хозяйственно полезных признаков и нивелируют среднегодовые показатели.

Учеными НИИСХ Юго-Востока и других научных учреждений Поволжья разработаны современные энергосбере-



гающие технологии возделывания зерновых культур, которые обеспечивают при внесении оптимальных доз удобрений и средств защиты растений, при соблюдении технологической дисциплины на весенне-посевных работах, при уходе за посевами и уборке урожая производство 3-4 и более тонн зерна с одного гектара.

К сожалению, большинство сельских товаропроизводителей из-за бедственного финансового положения и недостатка оборотных средств не имеют возможности в полном объеме выполнить предусмотренные технологиями работы, что значительно снижает их эффективность.

Ученые считают, что для наращивания объемов производства высококачественного зерна необходимо государственная поддержка по следующим направлениям:

Государственное регулирование зернового хозяйства, включая производство, хранение, переработку и реализацию зерна. Главная цель госрегулирования – защита интересов производителей, поддержание гарантированной доходности зернопроизводящих хозяйств и стабильного уровня цен на зерно посредством осуществления контроля за ценовым паритетом на реализуемое хозяйствами зерно и поставляемые им энергоресурсы, удобрения, средства производства и оказываемые услуги. Беспрецедентный рост цен на бензин и дизтопливо, рост тарифов на электроэнергию не позволяет рентабельно вести хозяйство, а это формирует рыночный сигнал к сокращению производства зерна. Так, если в 2009 г. по сравнению с 2008 г. цены на зерно уменьшились на 18,6% (с 4515 до 3676 руб./т), то цены на электроэнергию, отпущенную сельским товаропроизводителям, увеличились на 22,6%, на дизельное топливо – на 12,9%, на средства защиты растений – на 24,1%. В результате уровень рентабельности снизился с 35,4 до 9,3%. И хотя в 2009 г. было реализовано зерна больше на 7,9%, а его экспорт увеличился в 1,6 раза, прибыль от реализации зерна сократилась с 52,6 до 16,6 млрд. руб., или в 3,2 раза. Безусловно, все это отразилось самым негативным образом на доходности и финансовой устойчивости зерновой отрасли.

Необходимо ввести государственное регулирование цен на зерно и семена. Цены должны соответствовать затратам на производство и обеспечивать возможность расширенного воспроизводства.

Не менее важным и требующим безотлагательного решения остается вопрос о техническом оснащении сельхозтоваропроизводителя. Сегодня на село поступает техники значительно меньше, чем ее выбывает по причине старения и износа. Нужна государственная программа по налаживанию в стране производства отечественной сельскохозяйственной техники. Это задача максимум. А в порядке первоочередной меры необходимо увеличить объемы и повысить доступность получения техники по лизингу.

Применение удобрений является одним из ключевых факторов повышения урожайности зерновых культур, сохранения и повышения плодородия почв. С учетом минимальной научно-обоснованной потребности под зерновые необходимо вносить ежегодно 7-8 млн. тонн действующего вещества. За последние пять лет в среднем за год вносилось всего 1,6-1,7 млн. тонн минеральных удобрений, или по 19 кг д.в. на один гектар. Для сравнения напомним – европейские страны применяют 150-300 кг/га, в Республике Беларусь вносят 270 кг/га и субсидируют закупку удобрений на 70% их стоимости. Хороший пример для подражания.

Необходимо значительно увеличить объемы государственной поддержки в возрождении разрушенной системы семеноводства. В настоящее время значительные площади засеваются семенами массовых репродукций, что не позволяет полностью реализовать потенциальные возможности новых высокоурожайных сортов. К сожалению, строительство семенных заводов идет крайне медленно, что связано с их дороговизной, не хватает хорошего оборудования, повсеместные проблемы с получением кредитов. Размер заложенных в Госпрограмме субсидий на приобретение элитных семян не превышает 5% их стоимости, что явно недостаточно. В настоящее время ученые Россельхозакадемии и специалисты Минсельхоза России разрабатывают «Стратегию развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Российской Федерации на период до 2020 г.». Документ важный, но он не решает многих вопросов, поскольку не предусматривает выделение необходимых средств и источников финансирования. Нужна федеральная программа по семеноводству.

Зернопроизводящие хозяйства нуждаются в поддержке со стороны государства в оформлении страхования урожая, которое является самым дорогим и рискованным видом страхования. Именно по этой причине оно активно поддерживается во всех развитых странах, где охват сельхозтоваропроизводителей страхованием урожая достигает 60-70% и более. У нас страхуется 3-5% посевов. Отработка и реализация механизмов страхования урожая сельскохозяйственных культур значительно повысит финансовую устойчивость сельхозпредприятий.

Уважаемые коллеги! В своем вступительном слове я упомянул лишь о некоторых аспектах многообразной проблемы научного обеспечения производства высококачественного зерна. Надеюсь, что в докладах, предусмотренных программой выездного заседания, и в процессе их обсуждения будут внесены конкретные предложения по всем направлениям решения этой сложнейшей проблемы, которые помогут нам подготовить и принять хорошо обоснованное, сбалансированное решение Президиума. Выполнение всех намеченных мероприятий будет поставлено под строгий контроль соответствующих структурных подразделений академии.

## Программа НИИСХ Юго-Востока по устойчивому производству зерна в регионе

### Agricultural Research Institute of South-East Region Program for Sustainable Grain Production in the Region

**А.И. ПРЯНИШНИКОВ,**  
директор ГНУ НИИСХ Юго-Востока  
РАСХН, д.с.-х.н.,  
г. Саратов,  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

**A.I. PRYANISHNIKOV,**  
Director State Scientific Institution  
«Agricultural Research Institute of South  
– East Region», Doctor of Agriculture  
Saratov  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

**Поволжский регион специализируется в основном на производстве зерновой продукции, обеспечивающий ежегодно более 25% валовых сборов в России. Высокие температуры и сухие условия, складывающиеся при выращивании зерновых культур, способствуют формированию зерна с повышенным содержанием белка и отличными хлебопекарными свойствами. Однако неустойчивость погодных условий, с усиливающейся тенденцией по годам, и ухудшающаяся фитосанитарная обстановка не позволяют стабильно получать высокие урожаи качественного зерна в зоне.**

Анализ проблематики зонального производства зерна свидетельствует о многокритериальности причинно-следственных связей, обусловленных целым рядом негативных моментов, среди которых следует выделить:

Увеличение частоты аномально неблагоприятных явлений. Если в начале 1990-х в России ежегодно отмечалось 150-200 опасных явлений в год, то в последний период времени их число выросло до 250-300. По этому показателю рекордным является 2007 год – 445 неблагоприятных явлений. Среди опасных гидрометеорологических явлений в Поволжье за последние 10 лет следует выделить – суровые условия перезимовки 2003 и 2010 годов, засуху 2009 и 2010 годов, поздние заморозки 2008 года.

Усиление полярности между биоклиматическим и биохимическим потенциалами климата. Так, по данным лаборатории агрометеорологии НИИСХ Юго-Востока, за последние 40 лет биоклиматический потенциал выращивания сельскохозяйственных культур в целом улучшился в Правобережье на 12-15%, в Левобережье – на 25 и более процентов (Левицкая Н.Г., 2003). В то же время отмечается ухудшение естественных условий по биохимическому потенциалу (Курдюков Ю.Ф., Левицкая Н.Г., 2005) и в 2008 году по этому критерию оценка содержания белка в зерне пшеницы в Саратовской области составило всего 12,1% (для сравнения в 1971 году – 13,4%).

Глобальные и локальные изменения климата привели к смещению направленности водного и пищевого режимов почвы и смене «приоритетов» в общем спектре эрозионных процессов, оказывающих негативное влияние на сохранение почвенного плодородия. Последние годы все острее ставят вопросы об усилении разработок технологических приемов, направленных на снижение последствий от ливневой эрозии. Особенно это актуально для склоновых агро-

ландшафтов, которые в Саратовской области составляют более 60% площадей.

Ухудшение фитосанитарной обстановки и экологической ситуации в агроэкосистемах, возрастание опасности эпифитотий и эпизоотий. В этом отношении стоит отметить, что за последние годы значительно изменилась не только частота и интенсивность эпифитотий главных лимитирующих биострессоров полевых культур, но и отмечается проявление других ранее не имеющих значения для производства болезней (заразиха подсолнечника, стеблевая и желтая ржавчина и др.). Отмечается увеличение микотоксической зараженности зерна, которые влияют на безопасность продуктов питания (Мачихина Л.И., 2009).

Интегрированность сельскохозяйственной отрасли. В этом отношении следует подчеркнуть значимость регионального производства прежде всего как элемента глобальной системы при решении проблем сельского хозяйства. В силу этого обстоятельства открытость региона усиливает его зависимость от общего состояния отрасли на государственном и мировом уровнях.

Выделенные «болевы точки» нестабильности регионального производства свидетельствуют о высокой степени его зависимости от проявлений климата, что требует системных подходов при изучении и практических решениях. Для этого научное обеспечение устойчивого производства высококачественного зерна в Поволжском регионе в первую очередь базируется на улучшении сортимента зерновых культур, условий питания и защиты растений, разработке и реализации влагосберегающих, эффективных, экологически безопасных технологий производства продукции, конструирование адаптивных агросистем и агроландшафтов, стабилизации и развития семеноводства, сохранения и повышения почвенного плодородия.

Биологический фактор является важнейшим в получении повышенных сборов зерна с высокими биохимическими и технологическими свойствами. Селекционерами НИУ Поволжья за последние пять лет созданы и внедрены в производство более 30 адаптированных и высококачественных сортов озимой пшеницы. Наибольшее распространение в производстве получили сорта Безенчукская 380 (Самарский НИИСХ им. Н.М. Тулайкова), Саратовская 90 и Жемчужина Поволжья (НИИСХ Юго-Востока), Поволжская 86 (Поволжский НИИСХ им. П.П. Константинова). Успешно возделываются 38 сортов яровой мягкой пшеницы, среди которых наиболее востребованными в производстве считаются Саратовская 68, Саратовская 70, Фаворит, Белянка (НИИСХ Юго-Востока), Тулайковская 10 (Самарский НИИСХ), Кинельская 59 (Поволжский НИИСХ). По яровой твердой пше-

нице реализуются в практику 18 высокопродуктивных сортов, обеспечивающих повышенное качество макарон. В производстве находится также 7 сортов озимой ржи, в том числе зимостойкие, урожайные Саратовская 4, Саратовская 5, Саратовская 7 (НИИСХ Юго-Востока), Безенчукская 87 (Самарский НИИСХ). Высокие адаптивность и продуктивность отмеченных сортов зерновых культур ярко проявились в условиях сильнейшей засухи 2009 года (рис. 1).

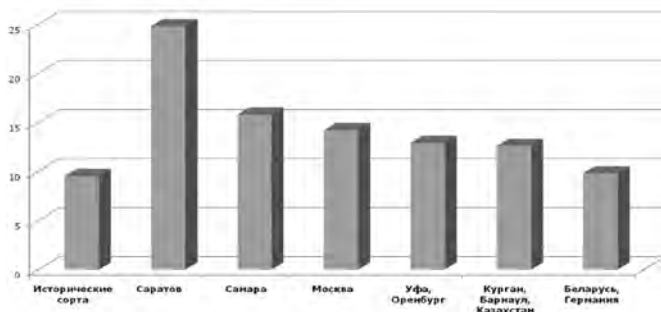


Рис. 1. Урожайность сортов яровой пшеницы, созданных в различных регионах (ГНУ НИИСХ Юго-Востока, 2009 г.), ц/га.

Хорошие достижения получены в селекции ярового ячменя, проса, зернобобовых культур, кукурузы и сорго. Ученым удалось решить такие сложные проблемы, как получение на основе выделенных Lr-генов резистентности сортов яровой мягкой пшеницы с высокой генетической устойчивостью к бурой ржавчине (Белянка, Фаворит, Воевода, Саратовская 73 и др.); яровой твердой пшеницы (Золотая волна, Луч 25) с повышенным содержанием в зерне каротиноидных пигментов, обладающих отличным качеством макарон; белозерных, с повышенным качеством зерна, зимостойких высокопродуктивных сортов озимой ржи (Иван и др.), засухоустойчивых, урожайных сортов пивоваренного и кормового ячменя (Як 401, Нутанс 278, Ястреб, Казак, Оренбургский 17); устойчивых к меланозу, пыльной головне, сортов проса с отличными показателями качества крупы (Саратовское желтое, Заряна); неосыпающихся, неполегающих, с детерминантным типом листа, высокопродуктивных сортов гороха посевного (Флагман 9, Самариус), а также скороспелых, высокопродуктивных сортов сои (Соер 7, Саммер и др.), гибридов кукурузы (Кин 216, Самбез 175 МВ, СГ 2 МВ) и других культур.

Однако перед учеными все еще стоят сложные нерешенные научные проблемы, в частности, при создании сортов с высокими качественными показателями требуется усилить молекулярно-генетические исследования особенностей белкового и клейковинного комплексов зерна. Приоритетным направлением следует определить – повышение продуктивного потенциала зерновых культур на основе совершенствования методов селекции по созданию высокоурожайных сортов, устойчиво формирующих в условиях неблагоприятной среды качественное зерно, сбалансированное по аминокислотному составу белков, активности ферментов и с улучшенными питательными свойствами, характеризующихся толерантностью к ряду биотических стрессоров (клоп вредной черепашки и др.), обладающих устойчивостью к токсикогенным грибам родов *Fusarium*, *Claviceps*.

Селекционные задачи по важнейшим проблемам повышения адаптивности и продуктивности, качества возделываемых культур, согласно усиливающимся тенденциям в частной генетике и селекции, необходимо проводить на основе комплексных генетико-цитологических и ДНК-маркированных исследований по расширению генофонда возделываемых культур. При этом решение проблем каче-

ства продукции видится в объединении усилий селекционеров, семеноводов, производителей, переработчиков, представителей государственных органов контроля качества, которое позволит решить поставленные задачи, привлечь к использованию современные возможности геномики, протеономики, нанобиотехнологий для прогнозирования и управления продуктивностью и качеством по всей технологической цепочке – от семян до хлеба.

Семеноводство – главный элемент производства зерна с востребованными для потребления параметрами качества. Учеными НИУ региона разработаны эффективные, экономически оправданные, экологически безопасные технологии производства семян высших репродукций, включая зерновые колосовые, зернобобовые, крупяные культуры, сорта и гибриды кукурузы и сорго. Реализация их в практику способствует получению повышенных сборов высокоурожайных, с высокой степенью сортовой чистоты, высококачественных семян при выходе до 80%.

Ежегодно научные учреждения Поволжья реализуют хозяйствам региона более 10 тыс. т оригинальных и элитных семян, а также семян гибридов первого поколения кукурузы и сорго. Однако для последующего увеличения их объемов необходима последовательная проработка организационно-экономических мероприятий распространения элитных семян, защита отечественного селекционно-семеноводческого комплекса от зарубежной экспансии. Решение этого вопроса во многом зависит от разделения потоков государственного и коммерческого семеноводства с целевыми инвестициями в развитие системы Государственного семеноводства с восстановлением Госзаказа на элитные семена и созданием страховых фондов.

В комплексе систем земледелия, направленном на повышение устойчивости сельхозпроизводства, первостепенными становятся вопросы поэтапного перехода от агроландшафтного обустройства территорий, биологизированных, ресурсосберегающих, адаптивных к местным природным условиям и требованиям производства технологий к дифференцированным, прецизионным (точным) системам земледелия, позволяющим минимизировать техногенное воздействие на агроценозы. Такой подход с глубокой проработкой вопросов на каждом этапе позволит выстраивать генеральную стратегию адаптивной интенсификации зернового производства на основе его перехода от истощительного использования невозобновляемых ресурсов к сохранению экологического равновесия биосферы и гармонизации человеческой деятельности с законами развития природы (рис. 2).

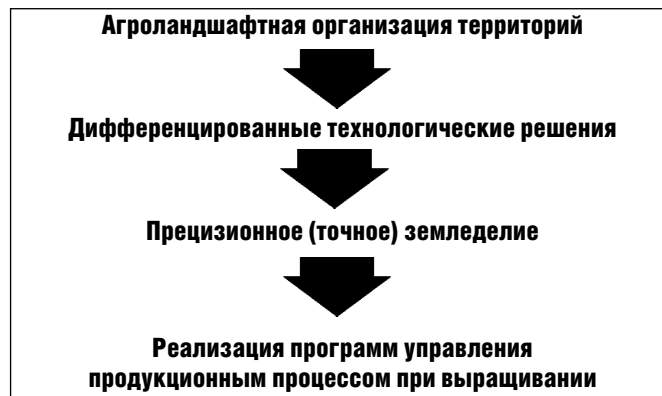


Рис. 2. Алгоритмы технологического решения устойчивого производства высококачественного зерна

Примером комплексного освоения адаптивно-ландшафтного земледелия являются ОПХ «Новониколкинское»

(Ульяновский НИИСХ), «Елизаветинское», «Центральное» (НИИСХ Юго-Востока), «Чулпан» (Татарский НИИСХ). В рамках дифференцированных способов основной обработки почвы НИИСХ Юго-Востока впервые для склоновых агроландшафтов Поволжья разработана и защищена на уровне изобретений и патентов ресурсосберегающая гребнекульсная технология возделывания зерновых культур. Разработке и созданию почвообрабатывающих орудий противозерозионной направленности значительное внимание уделяется и в работах Нижневолжского НИИСХ (г. Волгоград). В НИИСХ Юго-Востока по программам точного земледелия ведутся работы по вопросам прецизионного поступления и накопления в почве органических остатков культурами агробиоценозов в различных экологических условиях Поволжья, что позволяет прогнозировать баланс органического вещества почвы, стабилизировать экологическую устойчивость почвенной системы и увеличить продуктивности пашни на 30-40%.

В системе организационно-экономических мероприятий по решению проблем создания эффективного и устойчивого сельскохозяйственного производства в Поволжье научными учреждениями ведутся исследования по совершенствованию экономико-хозяйственного механизма управления зернопродуктовым подкомплексом, совершенствованию форм и методов государственного регулирования и поддержки АПК региона в условиях многоукладной экономики, развитию отраслей сельского хозяйства на период до 2012 г. и на период до 2020 гг. (Поволжский НИИ ЭО АПК, НИИСХ Юго-Востока).

Отмечая важный вклад научно-исследовательских институтов Россельхозакадемии в оптимизацию зернового производства региона, следует указать и на нерешенные вопросы в области интеграции научного потенциала, координации научных исследований в Поволжье.

Целесообразно повышение уровня и результативности экспериментов при создании жаростойких, засухоустойчивых сортов озимой и яровой пшеницы, озимой ржи, тритикале и других культур. Большой проблемой остается недостаточная для производства морозо- и зимостойкость озимых зерновых культур, особенно озимой пшеницы. В этом плане необходимы фундаментальные разработки в области генетики, физиологии, биотехнологии. Приоритетом фундаментальных исследований по изучению генетической природы адаптации следует считать усиление физиологических исследований на предмет ответа растительной системы на постоянно меняющуюся погодную обстановку, построения математических моделей поведения биологических систем

при формировании признака как результат взаимодействия двух динамично развивающихся систем – растительной и внешней среды.

В последнее время институтами региона создаются и вносятся в Госреестр селекционных достижений сорта озимой и яровой пшеницы с недостаточным потенциалом качества зерна. Лишь половина поступающих в производство новых сортов относится к категории ценных и «сильных» пшениц. Для региона с большим удельным весом черноземных почв, высокой солнечной инсоляции необходимы сорта пшеницы с предельно высокой натурой зерна, белковостью, клейковиной, «силой» муки. Генетически обусловленное качество зерна сортов продовольственной пшеницы и других зерновых культур должно быть повышено. При этом значительное место при создании сортов следует уделять их генетической устойчивости к биотическим стрессорам.

Вновь вводимые в практику технологии возделывания зерновых культур также должны быть приведены в соответствие биологическим особенностям растений и к требованиям производства, для чего необходимо усилить теоретические исследования по разработке ресурсо-, энергосберегающих, экологически безопасных и экономически оправданных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на основе мобилизации генетических ресурсов растений, использования новейших методов селекции, конструирования адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов.

Выделяя задачи, стоящие перед институтами для улучшения зернового производства, необходимо определить и реализовать организационные мероприятия по интеграции научного потенциала Поволжья. Объединение научных школ при решении проблемных вопросов регионального производства на основе дифференциации (углубленной специализации) научных исследований по направлениям, разработка стратегических программ развития науки по ее выходу на новый методологический уровень, адаптация исследований к реалиям времени и правового поля позволит эффективнее вести внедрение результатов НИР в производство. Такая работа возможна только на базе Зонального научного центра. Оценивая результативность и вклад ГНУ НИИСХ Юго-Востока в научное обеспечение устойчивого производства высококачественного зерна в Поволжской зоне, целесообразно поручить институту координацию исследований по рассматриваемой проблеме сельскохозяйственного производства на региональном уровне.

## Организационно-экономические проблемы развития зернового хозяйства в Поволжье

### Organizational and Economic Problems of Grain Farming Development in the Volga Region

**А.А. ЧЕРНЯЕВ,**  
директор ГНУ Поволжский  
НИИ ЭО АПК РАСХН,  
академик РАСХН,  
г. Саратов  
e-mail: info-nii-apk-sar@mail.ru

**A.A. CHERNYAEV,**  
Director of the Volga region Scientific Research  
Institute of Economics and Organization of  
Agrarian and Industrial Complex of Russian  
Agricultural Academy, Academician of Russian  
Agricultural Academy, Saratov  
e-mail: info-nii-apk-sar@mail.ru

**Мониторинг реализации национального проекта «Развитие АПК», Госпрограммы развития сельского хозяйства до 2012 г., проведенный институтом, и осуществление принятых антикризисных мер в Поволжье позволили выявить наиболее значимые проблемы в развитии АПК и прежде всего зернового производства, которое остается одним из приоритетных отраслей в сельском хозяйстве.**

Особого внимания со стороны государства требуют разумная ценовая политика, обеспечивающая рентабельное ведение зерновой отрасли; планирование производства, востребованного рынком зерна; широкое применение страхования урожая.

Многие нерешенные проблемы в организации зернового хозяйства лежат в сфере управления сельским хозяйством, которое в последние годы дискредитировано, не имеет четкой вертикали и эффективного взаимодействия с региональными органами. Трудно представить, что преобладающая часть сельскохозяйственных районов зоны не имеют управлений сельского хозяйства, которые должны заниматься организацией интенсификации и технологии сельскохозяйственного производства, внедрением достижений научно-технического прогресса, поиском инвесторов, работающих на социально-экономическое благополучие административных единиц, а не на внешних инвесторов, изымающих налоги в другие регионы страны. О какой эффективности управления можно говорить, если, например, Саратовский районный орган управления АПК имеет в штате сотрудников в количестве 4 человек.

При наличии разнообразия природных и экономических условий хозяйствования в областях и республиках Поволжья требуется совершенствование территориально - отраслевого разделения труда в зерновом производстве в условиях рыночного механизма хозяйствования. В настоящее время структура товарного производства зерна в хозяйствах большей частью определяется только ценовой конъюнктурой рынка. В результате такой необдуманной политики и внедрения культур сравнительно ограниченного ареала размещения без учета почвенно-климатических условий и обоснования совокупных издержек на производство и транспортировку зерна, привлечение дополнительных инвестиций может привести к банкротству сельскохозяйственных товаропроизводителей. Учитывая эти и другие организационно-экономические факторы, необходимо размещение зернового производства осуществлять с учетом концентрации его в тех регионах, где обеспечива-

ется наибольший выход зерна при минимуме затрат на производство.

Одна из основных задач, стоящих перед сельскохозяйственными товаропроизводителями, – это производство сельскохозяйственных культур, в том числе зерновых, востребованных на продовольственном рынке. Необходимо провести анализ и дать оценку существующей структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур и изменить ее в пользу производства высокопродуктивных культур, которые имеют повышенный спрос на зерновом рынке.

В рыночных условиях хозяйствования важным направлением повышения эффективности производства зерна должно стать использование внутренних резервов хозяйств по снижению его себестоимости. Так, производственная себестоимость одного центнера зерна в Приволжском федеральном округе в 2008 г. по сравнению с 2004 г. возросла с 206 руб. до 350 руб., или в 1,7 раза, что главным образом явилось следствием роста цен на горючее и смазочные материалы опережающими темпами по сравнению с ростом цен на зерно. К примеру, в Пугачевском районе Саратовской области проведенный анализ показал, что 18% всех затрат падает на их долю, а на приобретение запасных частей приходится более 14% затрат, или 46% от выручки за реализованную продукцию тратится на эти цели. В связи с этим необходим контроль над расходованием горюче-смазочных материалов, в том числе с использованием системы «Навигатор».

Например, при существующей ценовой политике себестоимость озимой пшеницы должна быть снижена до 2000-2200 руб. за тонну и ее качество улучшено до третьего класса. Этого можно достигнуть при возделывании озимой пшеницы по интенсивной технологии, позволяющей получать 35-40 ц/га и качественное зерно.

В связи с высокими ценами на минеральные удобрения, для снижения себестоимости производства зерна, на практике многие хозяйства Правобережья Саратовской области применяют в растениеводстве трехпольные севообороты, где удельный вес паров составляет 33%, что позволяет получать до 30 - 40 ц/га высококачественной озимой пшеницы. В Левобережье, и в частности в Пугачевском районе, достигшем высокой культуры земледелия, кратность обработки паров уменьшилась с 6-8 до 2-3 раз, что, несомненно, влияет на снижение себестоимости производства зерна.

Государство могло бы взять на себя обязанности по стимулированию интенсивных технологий возделывания зерновых культур. Однако в 2010 году объем такой государственной поддержки в стране и регионах Поволжья умень-

шился по сравнению с 2009 годом. Например, величина поддержки на одну тонну аммофоса за счет средств бюджета Саратовской области в 2009 году составляла 3500 руб., а в 2010 году всего лишь 2000 руб., на одну тонну аммиачной селитры соответственно 2000 руб. и 1250 руб.

Чтобы производство зерна в Поволжье было рентабельным, необходимо переходить также на современные методы интенсификации зернового хозяйства за счет стимулирования труда и производства.

В засушливых регионах зоны одним из важнейших инструментов механизма научного обеспечения эффективности производства зерна является страхование посевов площадей сельскохозяйственных культур. Однако масштабы страхования и его эффективности не существенны. Это свя-

зано с несовершенством законодательной и нормативно-правовой базы, позволяющей страховым компаниям навязывать сельскохозяйственным товаропроизводителям договора, по которым страховое покрытие большей частью составляет не более 10% от страховой стоимости урожая. В случае же наступления страхового случая – гибели посевов, являющихся залоговым обеспечением кредита, банк требует перекредитования, в то время как в этом случае посевы застрахованы и залогообеспечителем должна, очевидно, выступать страховая компания. Практика последних лет свидетельствует, что целесообразен переход к обязательному страхованию посевов сельскохозяйственных культур, созданию специального государственного фонда перестрахования рисков.

## Использование селекционного потенциала НИИ сельского хозяйства Юго-Востока фермерскими хозяйствами в производстве

### Application of Breeding Developments of Agricultural Research Institute of South – East Region by Farms in Manufacture

**В.Е. ОДИНОКОВ,**  
глава КФХ «Одинокова И.К.»  
Лысогорского р-на  
Саратовской области, к.с.-х.н.  
e-mail: vladimirodinokov@mail.ru

**V. E. ODINOKOV,**  
head of farm «Odinokova I.K.»  
Lysogorsky area,  
Saratov region, Ph.D  
e-mail: vladimirodinokov@mail.ru

В октябре 2007 года правительством Саратовской области была принята областная целевая программа: «**Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Саратовской области на 2008-2012 годы**», где среди основных условий достижений сельского хозяйства на период до 2012 года заявлены:

- ускоренный переход на новые высокопроизводительные и ресурсосберегающие технологии, разработка и внедрение зональных технологий сельскохозяйственного производства;

а также:

- улучшение финансового положения сельскохозяйственных товаропроизводителей и их материально-технической базы.

Обладая более 6 тыс. га пахотных земель, наше хозяйство имеет огромный потенциал в обеспечении семенами высоких репродукций не только хозяйств нашего региона, но и других областей России.

Практика показывает, что для наших условий основными требованиями перехода к берегающим технологиям должно стать поэтапное выполнение целого комплекса организационно-агротехнических мероприятий.

Переход на высокие технологии невозможно осуществить стоя на коленях, без наличия соответствующей материально-технической базы, кадрового потенциала,

высокопродуктивных сортов и гибридов, приспособленных к местным почвенно-климатическим условиям.

Мы считаем, что набор возделываемых в хозяйстве сортов должен в максимальной степени соответствовать складывающимся климатическим параметрам не только конкретного региона, но и хозяйства.

Для этого мы ежегодно закладываем у себя производственные испытания перспективных сортов основных зерновых культур – озимой и яровой пшеницы.

Многолетняя практика убедила нас, что тесное сотрудничество с селекционными центрами и НИИ, закладка производственных опытов по агроэкологическому испытанию перспективных сортов и линий, непосредственный контакт с их авторами, позволяет существенно ускорить размножение и внедрение в производство перспективных сортов с последующей их реализацией.

Поэтому вопросам подбора сортов, соответствующих конкретным условиям произрастания, мы придаем большое значение.

За время существования КФХ, начиная с 1991 года, на полях хозяйства испытано более 100 сортов озимых и яровых, выведенных учеными НИИСХ Юго-Востока и другими НИИ и селекционными центрами России. Лучшие сорта размножались и реализовывались как в хозяйствах области, так и за ее пределами.

Среди испытываемых зерновых культур озимая пшеница обеспечивает наиболее высокую урожайность. Так, сред-

няя урожайность по хозяйству озимых за последние 10 лет составила 33 ц/га, при урожайности яровой пшеницы за эти же годы 20 ц/га. В соответствии с этим в структуре посевных площадей 2010 года доля озимой пшеницы по хозяйству доведена до 25 % от площади пашни, из которой наибольшая площадь нами засеяна сортом селекции НИИСХ Юго-Востока Саратовская 17, как сортом, обеспечившим в 2009 году наибольшую прибавку. Его урожайность в опыте экологического сортоиспытания была наивысшей и составила 52 ц/га. Нашими наблюдениями установлено, что этот сорт лучше себя чувствует при весенней атмосферной засухе, чем сорта донской селекции.

Что касается яровой пшеницы, то по итогам испытания неплохие результаты по урожайности получены по сортам Добрыня и Воевода селекции НИИСХ Юго-Востока. По этой культуре мы приходим к убеждению о практической целесообразности иметь переходящие страховые фонды 2-х сортов: позднеспелого и раннеспелого. И в зависимости от складывающихся условий весны увеличивать или уменьшать площади посева того или иного сорта. Регулируя сроками сева, мы планируем существенно снизить влияние июньской засухи и осенней непогоды.

Однако следует отметить, что из-за часто повторяющихся экстремальных явлений (засух, суховеев), периодичность которых заметно возросла, урожайность зерновых культур по годам, в том числе и озимой пшеницы, резко колеблется, а иногда культура полностью гибнет. Трудным для озимых сложился 2010 год: сухая осень и неблагоприятные погодные условия в зимний период привели к высокой изреженности посевов и их гибели. Мы были вынуждены пересеять более 700 га озимых, посеянных по непаровым предшественникам.

В этих условиях, в опыте агроэкологического испытания по паровому предшественнику, были высеяны 20 сортов из 5 различных селекционных центров России. В числе лучших, по визуальному состоянию на сегодняшний день, выделяются «Калач-60» и «Эльвира» селекции НИИСХ Юго-Востока.

Дефицит доступной влаги является главным фактором, ограничивающим продуктивность богарного земледелия при возделывании зерновых культур в наших условиях. Отмеченные тенденции усиления засушливости климата, диспаритет цен на промышленные товары, ГСМ и сельскохозяйственную продукцию, который сложился не в пользу сельского хозяйства, приводит к значительному снижению рентабельности сельскохозяйственного производства, в том числе и наиболее прибыльной ранее отрасли – растениеводства.

Эти негативные процессы обуславливают:

- ускоренный переход на менее затратные ресурсосберегающие технологии;
- пересмотр зональных наборов возделываемых в хозяйстве культур. Кроме озимой пшеницы, мы планируем расширение площадей под теплолюбивыми яровыми культурами (чечевица, нут, соя), а также площадей под пропашными растениями (подсолнечник, гречиха) и кормовыми травами.

Для реализации этих планов необходимо:

- осуществить намеченный переход на ресурсосберегающие и нулевые технологии;
- наладить агроэкологическое испытание новых перспективных культур.

Знаток степного земледелия Н.М. Тулайков в своих работах неоднократно указывал, что спасение нашего хозяйства лежит в разнообразии культурных растений в полеводстве, и это разнообразие культур будет способствовать подъему животноводства и стимулировать развитие перерабатывающих отраслей.

В этом плане мы надеемся в дальнейшем продолжить сотрудничество с научно-исследовательскими учреждениями и селекционными центрами, в том числе и с НИИСХ Юго-Востока, как одним из старейших селекционных центров юго-востока России.

## Физиолого-биохимические основы продукционного процесса у культивируемых растений

### Physiological and Biochemical Bases for Production Process of Cultivated Plants

С 13 по 15 октября 2010 года на базе НИИСХ Юго-Востока прошел Всероссийский симпозиум с международным участием «Физиолого-биохимические основы продукционного процесса у культивируемых растений», посвященный 85-летию со дня рождения известного физиолога растений В.А. Кумакова. Тем самым отмечен крупный научный вклад в теорию физиологии продукционного процесса, сделанный в свое время Вадимом Андреевичем Кумаковым, чья научная деятельность неразрывно связана с НИИ сельского хозяйства Юго-Востока.

Координаторами симпозиума при деятельной поддержке директора НИИСХ Юго-Востока, д.с.-х.н. А.И. Прянишникова являлись заведующий лабораторией биохимии и физиологии растений Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН, д.б.н. Е.Б. Кириченко (г. Москва) и с.н.с. лаборатории физиологии растений НИИСХ Юго-Востока, д.б.н. С.А. Степанов (г. Саратов). Идею проведения данного симпозиума поддержали коллеги из стран СНГ (Украина, Белоруссия, Молдова), а также из ряда ведущих научных центров РАН (Казань, Петрозаводск, Сыктывкар, Екатеринбург), РАСХН (ВНИИ растениеводства, С.-Петербург; Краснодарский институт сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко; ВНИИ риса, г. Краснодар; ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии, г. Москва; Ставропольский НИИ сельского хозяйства, п. Михайловка).

Следует отметить, что решение теоретических и прикладных аспектов проблемы продукционного процесса растений относится к числу наиболее сложных в силу сложности явления. В свое время в СССР существовало целое направление в физиологии растений, лидером которого являлся А.А. Ничипорович, автор широко известной фотосинтетической теории продуктивности растений. В настоящее время вследствие существенного изменения климатических условий произрастания растений, накопления большого массива экспериментальных данных из смежных с физиологией растений научных дисциплин, притока нового поколения научных работников возникла необходимость объединить разработки разных научных школ с целью создания общей теории продуктивности растений.

Участниками симпозиума были рассмотрены следующие вопросы:

1. Функциональные системы (фотосинтез, дыхание, минеральный и водный обмен) и продукционный процесс.
2. Внешние факторы, предопределяющие и контролируемые продукционный процесс.
3. Абиотический и биотический стрессы как детерминанты онтогенеза и продуктивности.



В Саратове на базе НИИСХ Юго-Востока будут регулярно проводиться «Кумаковские чтения», посвященные актуальным вопросам продукционного процесса и физиологии растений.

4. Эпигенетические факторы в преддетерминации и контроле продукционного процесса.
5. Физиологические эффекты малых доз регуляторов нового поколения.
6. Светодиодные облучатели и продукционный процесс в константных условиях.
7. Взаимодействие растений с другими организмами как фактор урожая.
8. Интегративная биология урожая высокого качества.

В некоторых докладах было обращено внимание на целесообразность объединения усилий биологов, физиков и химиков над решением центральной проблемы продукционного процесса – проблемы целостности растения. Существующие на сегодня факты составляют основу двух противоположных концепций, одна из которых трактует растение как организм, другая – как надорганизменную структуру.

В заключение была отмечена необходимость более тесной координации отечественных исследований по физиологии растений с работами Европейского общества биологов растений (FESPB). В сравнении со сложившимся в мире уровнем многие отечественные исследования по физиологии продукционного процесса основных культивируемых и перспективных растений природной флоры не могут считаться хорошими, о чем свидетельствуют доклады последних трех Европейских конгрессов FESPB (Лион, 2006; Тыраверз, 2008; Валенсия, 2010). Для достижения мирового уровня исследований по физиологии, биохимии растений и продукционного процесса, в частности, необходима модернизация всех этапов исследовательской работы.

**От редакции:** Раздел журнала «Физиология растений» составлен из докладов и научных статей, представленных участниками Всероссийского симпозиума с международным участием «Физиолого-биохимические основы продукционного процесса у культивируемых растений».



УДК 633.174+631.522:58.083.5

## Фотосинтетический потенциал гибридов F<sub>1</sub> сорго на разных типах стерильных цитоплазм

## Photosynthetic Potential of F<sub>1</sub> Sorghum Hybrids Obtained in Different Types of Male-Sterile Cytoplasm

В.В. БЫЧКОВА<sup>1</sup>,  
О.П. КИБАЛЬНИК<sup>1</sup>,  
Л.А. ЭЛКОНИН<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>ФГНУ РосНИИСК «Россорго»,  
e-mail: rossorgo@yandex.ru  
<sup>2</sup>ГНУ НИИСХ Юго-Востока  
РАСХН, г. Саратов  
e-mail: elkonin@mail.saratov.ru

V.V. BYCHKOVA<sup>1</sup>,  
O.P. KIBALNIK<sup>1</sup>, L.A. ELKONIN<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>All-Russian Research Institute for  
Sorghum and Maize «Rossorgo»,  
e-mail: rossorgo@yandex.ru  
<sup>2</sup>Agricultural Research Institute of  
South-East Region of Russia  
e-mail: elkonin@mail.saratov.ru

Сравнительный анализ площади листовой поверхности и фотосинтетического потенциала у гибридов сорго, полученных на основе изоядерных аллоплазматических ЦМС-линий на стерильных цитоплазмах типов АЗ, А4 и 9Е, показал, что цитоплазма АЗ снижает величину этих показателей, тогда как цитоплазма 9Е увеличивает. Максимальная площадь листовой поверхности у гибридов достигается в фазу выметывания, а величина фотосинтетического потенциала — в период «выметывание — полная спелость».

**Ключевые слова:** цитоплазматическая мужская стерильность, фотосинтез, цитоплазматические эффекты, гибриды, сорго.

*Comparative analysis of the leaf square value and photosynthetic potential in sorghum hybrids obtained using isonuclear alloplasmic CMS-lines with different types of sterile cytoplasm (A, A4 and 9E) showed that the A3 cytoplasm reduced these indices while the 9E cytoplasm increased them. In sorghum hybrids, maximum leaf square value was observed at the heading stage, and the maximum value of photosynthetic potential was noticed during the "heading — complete maturity" period.*

**Key words:** cytoplasmic male sterility, photosynthesis, cytoplasmic effects, hybrids, sorghum.

Нарастание аридности климата, наблюдающееся в последние десятилетия, вызывает повышенный интерес к засухо- и жаростойким сельскохозяйственным культурам. Среди таких культур одно из ведущих мест занимает сорго, способное давать устойчивые урожаи зерна и зеленой массы в условиях значительного дефицита осадков. Одним из механизмов адаптации сорго к аридным условиям является особенность анатомического строения листьев и переход на С<sub>4</sub>-тип фиксации углекислоты, обеспечивающий более экономное расходование ассимилированного углерода вследствие уменьшения фотодыхания [1].

Хорошо известно, что фотосинтетический аппарат растения находится под двойным генетическим контролем —

стороны ядерного генома и генома хлоропластов (пластома). В этой связи поиск новых комбинаций ядерного и цитоплазматического генома, обеспечивающих высокоэффективное функционирование фотосинтетического аппарата, открывает большие перспективы для создания засухоустойчивых гибридов и сортов сорго.

Нами ранее были установлены различия в содержании хлорофиллов а и b и каротиноидов у гибридов F<sub>1</sub> зернового сорго, полученных на основе аллоплазматических линий с генетически различными типами ЦМС-индуцирующих цитоплазм [2]. Наряду с содержанием хлорофилла важным параметром, определяющим фотосинтетическую деятельность растений, считается величина листовой поверхности и эффективность функционирования листового аппарата, то есть продуктивность фотосинтеза [3]. Оптимальная площадь листьев, сформированная в период их максимального развития, в конечном итоге определяет величину урожая. Нарастание площади листьев и ее размеры зависят от многих факторов, в том числе от густоты посева, фазы развития растений, условий внешней среды [4]. Сумма показателей площади листьев в посеве за весь вегетационный период (или определенную его часть) называется фотосинтетическим потенциалом растений (ФП) [5]. Этот показатель, согласно определению, пропорционален площади листового аппарата, длительности его формирования и обратно пропорционален площади посевов; его величина измеряется в тыс. м<sup>2</sup>сут/га [6].

Целью данной работы являлось изучение фотосинтетического потенциала гибридов сорго, полученных на новых типах стерильных цитоплазм.

**Материал и методы.** Исследовали гибридные комбинации F<sub>1</sub> зернового сорго, полученные на основе изоядерных аллоплазматических ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 на стерильных цитоплазмах АЗ, А4 и 9Е, а также изоядерных аллоплазматических ЦМС-линий с геномом Пищевого 614 на цитоплазмах М35-1А и 9Е. Отцовскими родителями этих гибридных комбинаций служили сорта зернового сорго Меркурий и Пищевое 35.

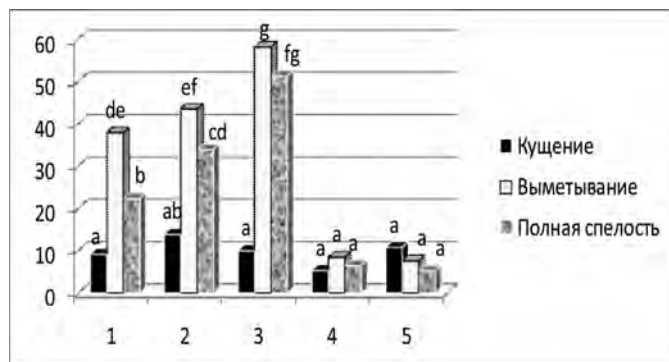
Гибриды и их родительские линии выращивали на опытном поле ФГНУ РосНИИСК «Россорго» пятиметровыми рядами с междурядьем 70 см. Повторность трехкратная. Способ закладки опыта — рендомизированный [7]. Густоту стояния корректировали вручную до 80 тыс. шт./га. За период вегетации проведено две междурядных культивации. Фенологические фазы развития растений устанавливали по мето-

дикe Ф.М. Куперман [8]. Площадь листовой поверхности определяли весовым методом [9]. Фотосинтетический потенциал родительских линий и гибридов F1 рассчитывали по формуле:

$$ФП = \frac{Л_1 + Л_2}{2 \times 10000} T$$

где Л<sub>1</sub>, Л<sub>2</sub> – площадь листовой поверхности, тыс.м<sup>2</sup>/га; Т – длительность межфазного периода, дни; 1000 – коэффициент перевода [8] (Ничипорович, 1961). Экспериментальные данные обрабатывали методом однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализов по методике Дослехова [7] с использованием программы AGROS версии 2.09.

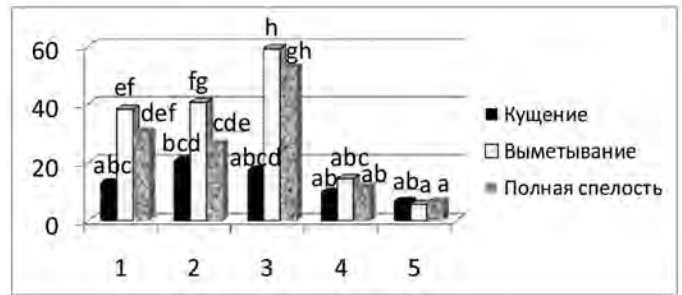
**Результаты и обсуждение.** Исследование площади листовой поверхности в разные фазы развития гибридов F1 сорго, полученных на основе ЦМС-линий Желтозерное 10 и Пищевое 614 с разными типами стерильных цитоплазм, выявило, что до фазы выметывания во всех гибридных комбинациях наблюдалось нарастание площади листьев (рис. 1, 2). В дальнейшем величина листовой поверхности снижается за счет отмирания нижних листьев растений. Гибриды на основе изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 на разных типах стерильных цитоплазм различались по величине листовой поверхности. Во все изученные фазы развития у гибридов на основе ЦМС-линии А3 Желтозерное 10 величина площади листовой поверхности была наименьшей, тогда как у гибридов на основе ЦМС-линии 9Е Желтозерное 10 – наибольшей (рис. 1, 2). Такие различия наблюдались в гибридных комбинациях с участием обоих использованных опылителей – Меркурия и Пищевого 35. Значимых различий между гибридами, полученными с использованием цитоплазм А3 и А4, не выявлено. В то же время, между гибридами, полученными на основе изоядерных ЦМС-линий с геномом Пищевого 614 с разными типами стерильных цитоплазм (9Е и М35), значимые различия отсутствовали.



**Рис. 1.** Динамика площади листовой поверхности (тыс. м<sup>2</sup>/га) у гибридов F1 сорго, полученных на основе ЦМС-линий Желтозерное 10 и Пищевое 614 с разными типами стерильных цитоплазм и опылителем Меркурий.

1 – А3 Желтозерное 10/Меркурий; 2 – А4 Желтозерное 10/Меркурий; 3 – 9Е Желтозерное 10/Меркурий; 4 – 9Е Пищевое 614/Меркурий; 5 – М35 Пищевое 614/Меркурий. Данные, обозначенные разными буквами, значительно различаются между собой, в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при p < 0.05.

Выявлено, что цитоплазма А3 также снижает величину листовой поверхности у гибридов с сортом Пищевое 35 на основе ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 в фазы кущения, выметывания и полной спелости, а стерильная цитоплазма 9Е – увеличивает (рис. 2). Существенных различий между гибридами, полученных с использованием цитоплазм А3 и А4, не наблюдается. Цитоплазма М35 у гибрида М35 Пищевое 614/Пищевое 35 незначительно снижает площадь листовой поверхности в сравнении с гибридом 9Е Пищевое 614/Пищевое 35.



**Рис. 2.** Динамика площади листовой поверхности (тыс. м<sup>2</sup>/га) у гибридов сорго на основе ЦМС-линий Желтозерное 10 и Пищевое 614, с разными типами стерильных цитоплазм и опылителем Пищевое 35. 1 – А3 Желтозерное 10/Пищевое 35; 2 – А4 Желтозерное 10/Пищевое 35; 3 – 9Е Желтозерное 10/Пищевое 35; 4 – 9Е Пищевое 614/Пищевое 35; 5 – М35 Пищевое 614/Пищевое 35. Данные, обозначенные разными буквами, значительно различаются между собой, в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при p < 0.05.

Изучение величины фотосинтетического потенциала за период «всходы-кущение» не выявило значимых различий у родительских линий (табл.). В то же время, гибриды на основе изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 на разных типах стерильных цитоплазм и опылителем Меркурий значительно различались между собой по величине ФП. При этом гибриды на основе цитоплазмы 9Е имели наибольший ФП. У гибридов на основе цитоплазм А3, А4 и 9Е с опылителем Пищевое 35 значимые различия отсутствовали. Различия между гибридами изоядерных ЦМС-линий с геномом Пищевого 614 на цитоплазмах 9Е и М35 на этой стадии развития также отсутствовали. Этот показатель варьировал от 0,08 до 0,16 тыс.м<sup>2</sup>сут/га.

Таблица

**Фотосинтетический потенциал (тыс.м<sup>2</sup>сут/га) родительских линий и гибридов сорго на разных типах стерильных цитоплазм, 2010 г.**

ЦМС-линия, опылитель, гибрид	Межфазные периоды		
	всходы-кущение	кущение-выметывание	выметывание – полная спелость
Гибриды на основе ЦМС-линий с геномом Желтозерное 10			
А3 Желтозерное 10/Меркурий	0,13 a	0,73 g	1,12 bcd
А4 Желтозерное 10/Меркурий	0,70 b	0,91 h	1,43 e
9Е Желтозерное 10/Меркурий	1,15 c	1,06 i	2,03 g
А3 Желтозерное 10/Пищевое 35	0,19 a	1,34 j	1,16 cde
А4 Желтозерное 10/Пищевое 35	0,31 a	1,60 k	1,13 cde
9Е Желтозерное 10/Пищевое 35	0,25 a	2,01 l	1,90 fg
Гибриды на основе ЦМС-линий с геномом Пищевое 614			
9Е Пищевое 614/Меркурий	0,08 a	0,06 a	0,37 a
М35 Пищевое 614/Меркурий	0,16 a	0,09 abc	0,31 a
9Е Пищевое 614/Пищевое 35	0,14 a	0,37 f	0,42 a
М35 Пищевое 614/Пищевое 35	0,10 a	0,19 cd	0,19 a
ЦМС-линии и опылители			
А3 Желтозерное 10	0,08 a	0,23 de	0,20 a
А4 Желтозерное 10	0,09 a	0,30 ef	0,23 a
9Е Желтозерное 10	0,06 a	0,18 bcd	0,14 a
9Е Пищевое 614	0,05 a	0,06 a	0,34 a
М35 Пищевое 614	0,10 a	0,10 abc	0,34 a
Меркурий	0,05 a	0,07 a	0,29 a
Пищевое 35	0,09 a	0,15 abcd	0,23 a
F <sub>05</sub>	5,716*	375,2*	44,4*

**Примечание:** \* p < 0.05; данные в столбцах, обозначенные разными буквами, значительно различаются между собой, в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

В период «кущение-выметывание» величина фотосинтетического потенциала у изученных линий и гибридов резко возрастала. При этом родительские изоядерные ЦМС-линии на разных типах цитоплазм по этому показателю между собой значимо не различались, за исключением линии 9Е Желтозерное 10, у которой величина ФП была снижена (табл.). Однако у гибридов ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 отмечалось значимое влияние разных типов цитоплазм на формирование ФП: цитоплазма АЗ снижала ФП, а 9Е – повышала. Цитоплазмы 9Е и М35 у гибридов ЦМС-линий с геномом Пищевого 614 неоднозначно влияют на ФП в период «кущение-выметывание»: в комбинациях с опылителем Меркурий значимых различий не выявлено, тогда как в скрещиваниях с Пищевым 35 цитоплазма 9Е увеличивает фотосинтетический потенциал.

В период «выметывание-полная спелость» наибольший фотосинтетический потенциал формируют гибриды на основе ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10. Причем, как и на предшествующих стадиях онтогенеза, цитоплазма 9Е увеличивает ФП, величина которого составляет 2,03 тыс. м<sup>2</sup>сут/га; а цитоплазма АЗ понижает его величину до 1,12 тыс. м<sup>2</sup>сут/га. У гибридов на основе ЦМС-линий с геномом Пищевого 614 фотосинтетический потенциал был ниже, в сравнении с гибридами на основе ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10. Не установлено различий между гибридами на цитоплазмах 9Е и М35 по величине фотосинтетического потенциала на этой стадии развития (0,19-0,42 тыс. м<sup>2</sup>сут/га). ФП у родительских линий значимо не различается, как у ЦМС-линий, так и у линий-опылителей (табл.).

Примечательно, что у гибридов ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 и опылителем Пищевое 35 на стадии «выметывание-полная спелость» величина ФП понижалась, по сравнению со стадией «кущение-выметывание», тогда как у гибридов этих ЦМС-линий с опылителем Меркурий эта величина возрастала. Данный факт свидетельствует о более высокой селекционной ценности опылителя Меркурий, гибриды которого сохраняют способность к росту листьев до стадии полной спелости.

#### **Выводы:**

- максимальная площадь листовой поверхности гибридов сорго достигается в фазу выметывания;
- цитоплазма АЗ понижает площадь листовой поверхно-

сти и фотосинтетический потенциал у гибридов, тогда как цитоплазма 9Е увеличивает эти показатели;

– в большинстве гибридных комбинаций и родительских линий максимальная величина фотосинтетического потенциала достигается в период «выметывание-полная спелость»;

– не выявлено влияния типа стерильной цитоплазмы на формирование фотосинтетического потенциала у ЦМС-линий, тогда как у гибридов тип цитоплазмы оказывает значительный эффект на величину этого признака: АЗ понижает, а 9Е увеличивает показатель ФП.

#### **Литература**

1. Колов О.В., Костина Г.И., Буенков А.Ю. Фотосинтетическая продуктивность различных видов сорговых культур // Кукуруза и сорго. – №5. – С. 6-9.
2. Кибальник О.П., Эльконин Л.А. Влияние типов стерильных цитоплазм на содержание пигментов в листьях гибридов F1 зернового сорго // Докл. Россельхозакадемии, 2009. – №1. – С.18-21.
3. Наумова Т.В., Емельянов А.Н. Особенности фотосинтетической деятельности и формирование урожайности в посевах суданской травы в зависимости от норм и способов посева // Кормопроизводство. – 2009. – №5. – С. 12-13.
4. Пигорев И.Я., Денисов В.А. Фотосинтетический потенциал посевов сахарного сорго в условиях ЦЧР // Аграрная наука, 2004. – № 4. – С. 13-16.
5. Алехина Н. Д., Гавриленко В.Ф. Физиология растений. – М.: «Academia», 2005. – 334 с.
6. Семькин В.А., Пигорев И.Я. Фотосинтетический потенциал озимой пшеницы в условиях Черноземья России // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 2. – С. 42-47.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 290 с.
8. Куперман Ф.М. Биологический контроль в сельском хозяйстве. – 1962. – 274 с.
9. Ничипорович А.А., Строганова Л.Е., Чмора С.Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах // М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 136 с.

УДК 633.18:631.527

## Фотосинтетические и продукционные процессы у новых сортов риса

## Photosynthetic and Production Processes in New Rice Varieties

М.А. СКАЖЕННИК, Н.В. ВОРОБЬЕВ,  
В.С. КОВАЛЕВ, Т.С. ПШЕНИЦЫНА,  
ГНУ ВНИИ риса РАСХН,  
г. Краснодар  
e-mail: arrri\_kub@mail.ru

M.A. SKAZHENNIK, N.V. VOROBYOV,  
V.S. KOVALYOV, T.S. PSHENITSINA,  
All-Russian Rice Research Institute,  
Krasnodar  
e-mail: arrri\_kub@mail.ru

Изучены фотосинтетические и продукционные процессы у разных генотипов риса. Установлено, что по интенсивности и продуктивности фотосинтеза растений сорта различались мало, но формировали разную хозяйственную урожайность. Причиной этого является разный уровень редукции боковых побегов, приводящий к разной густоте посева у сортов, а также разной доли использования ассимилятов растения на образование генеративных органов и элементов продуктивности метелки. Это приводит к росту коэффициента хозяйственной эффективности фотосинтеза ( $K_{хоз.}$ ), тесно связанного с урожайностью генотипов.

**Ключевые слова:** сорта и образцы риса, фотосинтез, кущение и редукция побегов, донорно-акцепторные отношения, поглощение азота, устойчивость к полеганию, роль морфотипа, структура урожая.

Photosynthetic and production processes of different rice genotypes were studied. It was found that by intensity and productivity of photosynthesis rice plants differ a little, but they formed different economic yield. The reason of it is different level of reduction of laterals tillers, causing different plant stand of varieties, and also different part of the use of plant assimilants for formation of generative organs and elements of panicle productivity. It causes the increase of coefficient of economic efficiency of photosynthesis ( $K_{econ}$ ), connected with genotype yield.

**Key words:** rice varieties and samples, photosynthesis, tillering and reduction of tillers, sink-source relations, nitrogen consumption, lodging resistance, the role of morphological type, yield structure.

### Введение

При создании высокопродуктивных сортов риса проводятся систематические наблюдения за процессами роста, развития растений и формирования урожая зерна у новых сортообразцов в зависимости от уровня минерального питания, метеорологических условий года, позволяющие выявить признаки продуктивности и отзывчивости на азот, на основе которых для селекционеров могут быть разработаны новые методы оценки форм риса на продуктивность,

биологические паспорта сортов и физиологические модели перспективных идеатипов риса. Такую оценку лучше всего проводить на основе физиологической модели сортов, разработанных для конкретных агроэкологических условий выращивания риса [1, 2].

Целью исследования является изучение фотосинтетических и продукционных процессов у разных генотипов риса с целью выявления комплекса морфологических, физиологических и биометрических признаков, сопряженных с урожайностью и устойчивостью к полеганию.

В задачу входило изучение у сортов и сортообразцов фотосинтетических и продукционных процессов, поглощения и использования элементов питания и устойчивости посевов к полеганию.

### Материал и методы

Изучение фотосинтетических и продукционных процессов проводилось у 5 сортов – Лиман (st), Рапан, Гамма, Ренар, Соната с обычным морфотипом и сортообразца с

Таблица 1

### Фотосинтетическая деятельность у сортов риса

Сорт	Вариант	ИЛП, $m^2/m^2$ цветение	Надземная масса посева, $г/м^2$		ФП, млн. $m^2/га$ дней	ЧПФ, $г/м^2$ сутки	Суточный прирост биомассы, $г/м^2/сутки$
			цветение	полная спелость			
Лиман	1	2,44	825	1368	1,10	10,79	19,7
	2	4,40	1215	2139	2,11	8,90	29,4
	3	5,74	1515	2484	3,20	6,52	32,0
Рапан	1	2,15	798	1497	1,04	10,60	19,2
	2	4,09	1236	2325	2,19	6,20	31,5
	3	5,07	1416	2400	2,97	6,05	27,3
Атлет	1	2,86	1080	2043	1,73	12,05	25,7
	2	4,35	1275	2091	3,15	5,00	21,8
	3	7,37	1775	3144	4,7	6,19	36,0
Гамма	1	1,82	759	1614	0,90	14,02	22,6
	2	4,69	1164	2184	2,61	6,19	26,4
	3	7,00	1500	2451	3,99	4,44	26,4
Ренар	1	1,89	708	1155	0,94	9,80	15,8
	2	4,74	1131	2247	2,62	7,99	28,6
	3	8,38	1821	3120	4,84	5,22	37,2
Соната	1	1,75	705	1347	1,02	11,40	17,0
	2	2,54	1038	1836	1,67	9,11	21,3
	3	4,54	1284	2226	2,76	6,82	25,2
НСР <sub>05</sub> вар.		0,20	27,2	41,3	0,13	0,26	1,26
<b>Примечание.</b> ФП, ЧПФ и суточный прирост – в период 8 листьев-полная спелость							

эректоидными листьями Атлет. Эксперименты проводили в 2008-2009 гг. в вегетационных опытах в железобетонных резервуарах (лизиметрах), заполненных лугово-черноземной почвой, на разных фонах минерального питания: 1 – N<sub>12</sub>P<sub>6</sub>K<sub>6</sub>; 2 – N<sub>24</sub>P<sub>12</sub>K<sub>12</sub>; 3 4 – N<sub>36</sub>P<sub>18</sub>K<sub>18</sub> г.д.в. на 1 м<sup>2</sup> посева. Густота всходов 300 шт./м<sup>2</sup>. Режим орошения – укороченное затопление. Проводились фенологические наблюдения за посевами и выполнялся биометрический анализ урожая по методике, принятой во ВНИИ риса. Одновременно наблюдали за процессом кущения растений и редукцией части образовавшихся боковых побегов. Признаки, характеризующие фотосинтетическую деятельность посевов, определяли по А.А. Ничипоровичу [3]. В отобранных пробах также определяли содержание общего азота (по Кьельдалю) и неструктурных углеводов колориметрическим методом с антроном [4]. Наблюдали за полеганием посевов путем учета площади с полегшими растениями, выраженной в процентах к общей. Статистическая обработка полученных результатов выполнялась по В.А. Дзюбе [5].

**Результаты**

Фотосинтетическая деятельность посевов исследуемых сортообразцов, судя по величинам показателей индекса листовой поверхности (ИЛП) и фотосинтетического потенциала (ФП) у исследуемых сортов и сортообразцов различались сравнительно мало, и лишь у Сонаты они были существенно меньше, и по этой причине ЧПФ у этого сорта была выше (табл. 1).

Таблица 2

**Коэффициенты кущения, доля редукции побегов и связь их с массой органов продуктивного побега**

Сорт и образец	Коэффициенты кущения		Доля редукции побегов, %	Масса побега в цветение, г	Масса стебля побега в цветение, г	Масса метелки побега в цветение, г
	общего	продуктивного				
N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>6</sub>						
Лиман	2,2	1,4	66,7	1,96	1,43	0,22
Рапан	1,8	1,0	100,0	2,66	1,85	0,38
Атлет	1,8	1,2	75,0	3,00	1,99	0,45
Гамма	1,8	1,0	100,0	2,53	1,84	0,33
Ренар	2,0	1,0	100,0	2,36	1,66	0,35
Соната	2,0	1,0	100,0	2,35	1,67	0,33
N <sub>24</sub> P <sub>12</sub> K <sub>12</sub>						
Лиман	3,4	2,2	56,5	1,84	1,25	0,23
Рапан	2,6	1,6	62,5	2,58	1,62	0,42
Атлет	3,4	1,6	75,0	2,66	1,78	0,29
Гамма	3,0	1,8	60,0	2,16	1,33	0,33
Ренар	3,0	1,8	60,0	2,09	1,32	0,33
Соната	3,2	1,2	90,9	2,88	2,04	0,37
N <sub>36</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>						
Лиман	3,6	2,4	46,2	2,10	1,45	0,23
Рапан	2,8	2,0	44,5	2,41	1,55	0,35
Атлет	3,7	2,2	55,6	2,66	1,69	0,25
Гамма	3,2	2,4	50,0	2,08	1,28	0,26
Ренар	3,8	3,0	28,6	2,02	1,28	0,24
Соната	3,5	2,0	60,0	2,14	1,45	0,26
НСР <sub>05</sub> Вар.	0,20	0,15		0,15	0,10	0,01

Сортовые различия по параметрам фотосинтетической деятельности растений на одном фоне минерального питания были не велики, в основном в пределах ошибки опыта, что указывает на малые различия по интенсивности и про-

дуктивности фотосинтеза у исследуемых сортов, но они формировали разную урожайность. Как видно, надземная масса посевов исследуемых сортов значительно возрастает с повышением уровня минерального питания, что связано с разной у них величиной кущения и отмиранием части боковых побегов. В связи с этим проводились наблюдения за интенсивностью кущения растений и долей редукции образовавшихся боковых побегов у новых сортообразцов и выполнены расчеты по их связи с массой метелки и стебля в фазе цветения риса (табл. 2).

Как видно, уровень общего кущения растений на всех трех фонах питания оказывает отрицательное влияние на массу метелки в фазе цветения. Коэффициент корреляции между этими показателями у исследуемых сортообразцов высокий и составил: r = - 0,82 ± 0,22 - -0,89 ± 0,18. На оптимальном фоне минерального питания (N<sub>24</sub>P<sub>12</sub>K<sub>12</sub>) установлена также отрицательная связь между коэффициентом продуктивного кущения и массой побега и стебля в фазе цветения (r = - 0,95 ± 0,09 - -0,92 ± 0,15). Т.е кущение должно быть небольшим. В целом, исходя из данных таблицы 1, сортовые различия по биологическому урожаю посева, особенно на оптимальном фоне питания растений, невелики и поэтому его величина не может служить надежным критерием величины хозяйственной урожайности сортов. Ее величина у исследуемых генотипов существенно различается, что видно из данных таблицы 3.

Таблица 3

**Урожайность и элементы её структуры у сортов риса на разных фонах минерального питания**

Сорт	Фон удобрений	Число побегов, шт./м <sup>2</sup>	Число зерен на мет., шт.	Число зерен на м <sup>2</sup> , тыс. шт.	Масса 1000 зерен, г	Пустозерность, %	K <sub>хоз.</sub> , %	Урожайность	
								кг/м <sup>2</sup>	отклонение от ст, %
Лиман (st)	1	420	70,1	29,4	23,80	5,7	51,2	0,802	-
	2	660	58,4	38,5	22,43	5,8	39,8	0,973	-
	3	720	59,2	42,6	20,12	19,0	35,4	1,004	-
Рапан	1	300	94,1	28,2	23,40	5,5	44,9	0,768	-4,2
	2	480	86,9	41,7	22,48	9,6	41,1	1,090	+12,0
	3	600	66,3	39,8	21,74	26,4	38,2	1,044	+4,0
Атлет	1	360	78,2	28,2	25,16	7,9	35,2	0,822	+2,5
	2	480	68,5	28,8	23,96	10,2	34,5	0,871	-10,5
	3	660	59,3	39,1	22,94	11,5	29,3	1,052	+4,8
Гамма	1	300	84,2	25,3	23,89	4,2	38,4	0,711	-11,3
	2	540	78,9	42,6	22,22	6,9	44,0	1,105	+13,6
	3	720	64,3	46,3	20,41	19,3	38,8	1,093	+8,9
Ренар	1	300	64,6	19,4	24,68	12,1	42,5	0,560	-30,2
	2	540	63,5	34,3	25,28	16,8	38,1	0,977	+0,4
	3	900	58,6	52,7	22,28	18,5	31,3	1,352	+34,7
Соната	1	300	57,0	17,1	25,97	8,8	33,2	0,508	-36,7
	2	360	69,8	25,1	25,25	7,6	35,2	0,735	-24,5
	3	600	53,3	32,0	26,04	11,2	32,9	0,833	-17,0
НСР <sub>05</sub> вар.		27,3	3,4	1,5	0,36	-	-	0,05	-

Так, у сорта Рапан она на оптимальном и высоком фонах на 12,0 и 4,0% выше, чем у стандарта Лиман. На этих же фонах она выше стандарта у Гаммы на 13,6% и 8,9% и Ренара на 0,4% и 34,7%. У Атлета на среднем и высоком фонах она незначительно выше, чем у Лимана на 2,5% и 4,8%. В то же время урожайность у сорта Соната на всех трех фонах на 17,0-36,7% ниже, чем у Лимана. Разная урожайность у исследуемых сортов риса зависит от числа зерен на единице площади и от доли зерна в общей надземной массе посева (K<sub>хоз.</sub>). На оптимальном фоне минерального питания (N<sub>24</sub>P<sub>12</sub>K<sub>12</sub>) связь между величиной урожая и назван-

ными признаками очень высока ( $r = 0,93 \pm 0,13 - 0,98 \pm 0,07$ ), однако на высоком фоне ( $N_{36}P_{18}K_{18}$ ) она ослабляется, что, вероятно, связано с полеганием посевов, вызывающим нарушение в продукционном процессе у растений. Именно показатели: число зерен на  $m^2$  и величина  $K_{хоз.}$  являются главными признаками при оценке селекционных образцов на продуктивность и в модели интенсивного сорта.

Однако немаловажную роль в процессах налива зерновок у риса играют и запасы неструктурных углеводов (сахара и крахмал), накопленные в стеблях в фазу трубкования, мобилизация которых в период созревания может оказать влияние на массу 1000 зерен [6]. С целью определения уровня обеспеченности неструктурными углеводами формирующихся зерновок у новых сортов риса определяли их абсолютное и относительное содержание в стеблях и рассчитали их возможную связь с массой 1000 зерен. Результаты представлены в таблице 4. Как видно, у всех сортов образцов наиболее высокое содержание углеводов в стеблях наблюдается на среднем фоне минерального питания (1), на котором растения из-за недостатка азота имеют слабое кущение, а отсюда посев формируется достаточно разреженным, листья побегов всех ярусов хорошо освещаются солнечным светом, что обуславливает повышенную чистую продуктивность фотосинтеза и накопление больших запасов углеводов в стеблях. На оптимальном и высоком фонах питания (2,3) плотность посевов значительно возрастает, продуктивность фотосинтеза резко снижается, запасы углеводов в стеблях уменьшаются.

Таблица 4

#### Содержание неструктурных углеводов в стеблях растений в фазе цветения и ее связь с массой 1000 зерен у сортов риса при полной спелости

Сорт	Фон удобрений	Содержание углеводов			Масса 1000 зерен, г
		%	мг/стебель	мг/100 зерен	
Лиман	1	29,7	425,1	606,4	23,80
	2	24,3	304,1	520,7	22,43
	3	24,3	306,9	518,4	20,12
Рапан	1	32,9	608,1	646,2	23,40
	2	20,6	333,2	383,4	22,48
	3	22,0	341,2	514,6	21,74
Гамма	1	33,4	615,3	730,8	23,89
	2	18,2	242,2	307,0	22,22
	3	17,7	226,3	351,9	20,41
Ренар	1	30,1	500,2	774,3	24,68
	2	22,4	295,8	465,8	25,28
	3	20,3	259,3	442,5	22,28
Соната	1	27,3	456,6	801,1	25,97
	2	27,1	552,2	791,1	25,25
	3	20,0	290,6	545,2	22,39
НСР <sub>05</sub> вар.		1,69	16,22	-	0,36

Это вызывает снижение массы 1000 зерен. Между содержанием неструктурных углеводов в стеблях на оптимальном фоне минерального питания (2) и массой 1000 зерен установлена достаточно высокая прямая связь с коэффициентом корреляции:  $r = 0,86 \pm 0,21$ . Это позволяет использовать данный показатель при оценке селекционных образцов на продуктивность и качество зерна и включить его в состав признаков модели интенсивного сорта риса. На среднем фоне питания аналогичной связи не обнаружили, так как потребности в ассимилятах наливающих зерновок удовлетворяются полностью, при этом масса их 1000 штук максимальна для каждого сортаобразца. На высоком фоне минерального питания (3) достоверная связь между содержанием углеводов в стеблях и массой

1000 зерен у сортаобразцов также не выявлена, что, вероятно, связано с торможением мобилизации запасных углеводов под влиянием азота. Косвенно на это указывает факт более высокого их содержания в стеблях при полной спелости.

Повышение эффективности использования азота рисом связано с уменьшением синтеза углеродистых соединений в зерновках, то есть с ростом его урожайности и с использованием ее у сорта Рапан вырос и уровень потребления этого элемента на образование единицы зерна (табл. 5). Поглощение и использование азота новыми сортаобразцами на среднем и оптимальном фонах питания (1,2) было близко к стандарту, но на высоком фоне (3) они у образцов Ренар и Атлет были значительно выше, что, вероятно, связано с образованием у них более высокой массы надземных органов. Однако ни содержание, ни вынос азота с единицы площади на одном фоне питания не определяет урожайность сортаобразцов.

Таблица 5

#### Содержание и эффективность использования азота на образование зерна сортами риса

Сорт и образец	Фон удобрений	Содержание N в надземной массе и зерне, %		Вынос N надземной массой и зерном, г/м <sup>2</sup>		ИФЭ <sub>N</sub> , г/г отношение урожая зерна к сумме N надземной массы	K <sub>N</sub> , % доля N зерна	Расход N на кг зерна, г
		растение	зерно	растение	зерно			
Лиман	1	0,73	1,00	9,95	6,90	69,3	69,3	14,4
	2	0,80	1,04	17,04	8,71	51,1	51,1	20,4
	3	1,06	1,34	26,32	11,58	44,0	44,0	30,5
Рапан	1	0,66	0,96	9,94	6,34	63,8	63,8	15,1
	2	0,87	0,99	20,24	9,27	45,8	45,8	21,6
	3	1,10	1,36	26,48	12,20	46,1	46,1	29,5
Атлет	1	0,62	0,95	12,74	6,73	52,8	52,8	18,0
	2	0,81	1,23	16,86	9,22	54,7	54,7	22,5
	3	1,20	1,56	37,63	14,13	37,5	37,5	41,5
Гамма	1	0,65	0,85	10,51	5,20	49,5	49,5	17,2
	2	0,91	1,05	19,84	9,98	50,3	50,3	20,9
	3	1,18	1,26	28,91	11,83	40,9	40,9	30,8
Ренар	1	0,72	1,00	8,33	4,83	58,0	58,0	17,2
	2	0,78	1,01	17,48	8,48	48,5	48,5	20,8
	3	1,06	1,24	40,21	14,43	35,9	35,9	34,5
Соната	1	0,68	1,03	9,15	4,51	49,3	49,3	20,9
	2	0,87	1,26	15,92	7,98	50,1	50,1	25,2
	3	1,08	1,46	24,05	10,47	43,5	43,5	33,5
НСР <sub>05</sub> вар.		0,03	0,04	0,33	0,24	-	-	0,41

По нашему мнению, отзывчивость сортов риса на азот означает способность утилизировать повышенные дозы азота удобрений, формируя высокий урожай зерна при малом снижении  $K_{хоз.}$  и при высокой устойчивости растений полеганию.

Проводились наблюдения за полеганием посевов исследуемых сортаобразцов, выполнялись анализы на содержание целлюлозы в стеблях побегов и определялась их устойчивость на изгиб по разработанному нами способу [7]. Результаты представлены в таблице 6. Как видно, новые сортаобразцы Гамма и Атлет на фоне  $N_{24}P_{12}K_{12}$ , так же, как Лиман (st) и Рапан, в средней степени полегают. Полегание усиливается на высоком фоне —  $N_{36}P_{18}K_{18}$ , достигая 60-70% от учетной площади посева, и связано с вытягиванием растений в высоту под влиянием азота. Исключением является сорт Соната, у которого полегания на данных фонах минерального питания не наблюдалось.

Таблица 6

**Содержание целлюлозы в стебле, устойчивость его на изгиб и полегаеть сортов риса на разных фонах минерального питания (фаза полной спелости)**

Сорт	Вариант	Масса 12 см отрезка стебля, г	Содержание целлюлозы, %	Содержание целлюлозы в 1 см длины стебля, мг/см	Устойчивость стебля на изгиб, г	Полегаеть, %
Лиман (st)	1	0,24	31,76	4,16	62,8	30
	2	0,28	32,20	3,59	50,1	70
Рапан	1	0,33	32,21	4,30	63,7	20
	2	0,29	34,83	3,81	55,0	60
Атлет	1	0,38	23,31	3,92	58,4	50
	2	0,44	29,06	3,53	48,7	70
Гамма	1	0,33	35,96	4,41	64,3	20
	2	0,26	34,81	3,48	49,6	70
Ренар	1	0,41	34,33	4,60	71,5	-
	2	0,29	31,49	3,57	50,2	70
Соната	1	0,38	27,12	5,25	72,1	-
	2	0,30	35,43	4,63	67,7	-
НСР <sub>05</sub> вар.		0,017	2,06	0,19	2,85	-

Примечание - 1 - N<sub>24</sub>P<sub>12</sub>K<sub>12</sub>; 2 - N<sub>36</sub>P<sub>18</sub>K<sub>18</sub> г д.в. на м<sup>2</sup>.

В основе высокой устойчивости растений к полеганию лежат анатомические особенности стебля – хорошо развитые его механические структуры (клеточные стенки, сосудисто-проводящие пучки) [8], о чем свидетельствует повышенное содержание в его тканях целлюлозы в нижней части этого органа. Установлено, что полегание происходит при снижении содержания клетчатки до 3,4-4,4 мг в 1 см длины нижней части стебля. При этом стебель изгибается от нагрузки в 49-65 г. Поэтому показатели – содержание целлюлозы в 1 см длины нижней части стебля, величина нагрузки на стебель, вызывающей его изгиб, являются надежными критериями при оценке сортообразцов риса на устойчивость к полеганию и используются нами в этой работе. Они включены в число признаков прототипа модели интенсивного сорта риса [2].

**Заключение**

Различия по урожайности определяются характером распределения продуктов фотосинтеза по органам растения и побега. У более высокопродуктивных генотипов значительная их часть использовалась на образования тканей и структур метелки и стебля, что приводило к увеличению доли зерна в надземной массе ценоза (роста Кхоз.) и повыше-

нию устойчивости к полеганию. Это обусловило прямую достаточно высокую связь ( $r = 0,93 \pm 0,13$ ) между урожайностью сортов на оптимальном фоне питания и величиной Кхоз. у них. Еще более тесная связь ( $r = 0,98 \pm 0,07$ ) установлена между числом зерен на 1 м<sup>2</sup> и урожайностью сортов. Эти два признака являются наиболее важными при оценке селекционных образцов на продуктивность и при разработке физиологической модели генотипа риса. Новый образец с эректроидными листьями Атлет по величине общего и продуктивного кущения растений мало отличался от стандарта Лимана. Он имел несколько более высокие темпы накопления надземной фитомассы посевов на среднем и высоком фонах минерального питания при ограниченном развитии метелки, что привело к снижению у него К<sub>хоз.</sub> и урожайности, по сравнению с Лиманом. По полегаетости посевов Атлет был близок к стандарту. Исследования этого образца показали, что главный механизм повышения урожайности сорта заключается не в повышенной фотосинтетической деятельности растений, а в более интенсивном использовании ассимилятов в процессах образования генеративного органа – метелки.

**Литература**

1. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование модели сортов пшеницы / В.А. Кумаков – М.: Агропромиздат, 1985. – 270 с.
2. Воробьев Н.В. К физиологическому обоснованию моделей сортов риса / Н.В. Воробьев, М.А. Скаженник, В.С. Ковалев // Краснодар, 2001. – 120 с.
3. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович. // XV Тимирязевское чтение. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 93 с.
4. Воробьев Н.В. Определение содержания сахарозы, фруктозы и глюкозы в растительных тканях с помощью антронового реактива / Н.В. Воробьев // Бюлл. НТИ ВНИИ риса. – 1985. – Вып. 33. – С. 17-19.
5. Дзюба В.А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В.А. Дзюба – Краснодар, 2007. – 76 с.
6. Воробьев Н.В. Накопление неструктурных углеводов в стеблях риса и их мобилизация при наливе зерновок / Н.В. Воробьев, М.А. Скаженник // Физиол. и биохим. культ. раст. – 1987. – Т. 19, №6. – С. 588-593.
7. Скаженник М.А. Физиологические методы исследования в рисоводстве / М.А. Скаженник, Н.В. Воробьев, О.А. Досеева – Краснодар, 2009. – 28 с.
8. Шеуджен А.Х. Полегание риса / А.Х. Шеуджен, Н.В. Воробьев, Б.Е. Шеуджен и др. – Краснодар, 1997. – 168 с.

УДК 581.1

## Регуляторное действие красного и синего света на $\text{CO}_2$ газообмен и ростовые процессы картофеля при облучении растений светодиодами

## Regulatory Influence of the Red and Blue Light on $\text{CO}_2$ Gas Exchange and Growth of Potato under Diodes Irradiation

Ю.Ц. МАРТИРОСЯН<sup>1</sup>, М.Н. ПОЛЯКОВА<sup>1</sup>,  
Т.А. ДИЛОВАРОВА<sup>1</sup>,  
А.А. КОСОБРЮХОВ<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной  
биотехнологии, Москва,

<sup>2</sup>Институт фундаментальных проблем  
биологии РАН, г. Пущино, Московской  
области

e-mail: yumart@yandex.ru,  
kosobr@rambler.ru

Y. T. MARTIROSYAN<sup>1</sup>,  
M. N. POLYAKOVA<sup>1</sup>, T. A. DILOVAROVA<sup>1</sup>,  
A. A. KOSOBRYUKHOV<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of  
Agricultural Biotechnology, Moscow

<sup>2</sup>Institute of Fundamental Biological  
Problems of Russian Scientific Academy  
Puschino, Moscow region

e-mail: yumart@yandex.ru,  
kosobr@rambler.ru

Представлены результаты исследования действия светодиодных источников облучения на  $\text{CO}_2$  газообмен и ростовые процессы растений картофеля в условиях аэропонного выращивания.

**Ключевые слова:** аэропоника, светодиоды,  $\text{CO}_2$  газообмен, ростовые процессы, картофель.

*Research results of diode irradiation influence on  $\text{CO}_2$  gas exchange and potato growth processes in conditions of aeroponic cultivation are presented.*

**Key words:** aeroponics, diodes,  $\text{CO}_2$  gas exchange, growth processes, potato.

### Введение

В последние годы во многих научных учреждениях нашей страны и за рубежом широко ведутся работы по оздоровлению и микроразмножению важнейших сельскохозяйственных культур, редких и ценных видов растений. Для ускоренного размножения оздоровленного семенного материала картофеля в Институте сельскохозяйственной биотехнологии разработан метод бесубстратной аэрогидропонии, позволяющий исследовать оздоровленные растения на разной стадии их развития. Наряду с использованием традиционных источников освещения, для усовершенствования технологии выращивания растений картофеля проводится изучение действия на растения светодиодных облучателей с максимумами в области красного и синего света.

В светокультуре растений источниками излучения чаще всего служат электрические лампы различных типов [1]. Необходимо, чтобы в их спектре были все участки видимого излучения с преобладанием красных, зеленых, синих и фиолетовых лучей, а также небольшая доля ультрафиолетового и инфракрасного света. Действие красного (КС), синего (СС) или зеленого света на морфогенетические и метаболические процессы растений рассматривалось многими авторами [2, 3]. В растениях, выращенных под красным или синим светом, показано изменение метаболизма углерода. Синий свет активизирует включение  $\text{CO}_2$  в amino- и органи-

ческие кислоты, а красный – в углеводы, особенно в крахмал.

В настоящее время для освещения рассадных компонентов теплиц и светокультуры растений широко используются светильники с высокоэффективными газоразрядными лампами высокого давления (металлогалогенными – МГЛ и натриевыми – ДНаТ) мощностью 400, 600 Вт, имеющими широкий максимум излучения в области 590 нм. Большая часть фотобиологических процессов в растениях наиболее интенсивно протекает при облучении светом в оранжево-красной и сине-фиолетовой области спектра. Однако выращивание растений с использованием газоразрядных ламп связано со значительными энергозатратами и ограниченными спектральными характеристиками излучателей. Возможным решением проблемы снижения энергозатрат может быть использование в аэропонных установках низкоэнергетических светоизлучающих диодов.

К настоящему времени выяснены основные закономерности действия широкополосного КС и СС на фотосинтетический аппарат, метаболические процессы в растениях [4], а в ряде работ и светодиодного облучения на растения [5, 6]. Вместе с тем, остается много вопросов, касающихся выяснения механизма влияния различных участков КС и СС на работу фотосинтетического аппарата и морфогенез растений. Последнее затрудняет использование светодиодного облучения в практических целях. Светодиоды могут использоваться как дополнительные облучатели, так и в перспективе полностью заменять традиционные источники облучения растений.

В задачу нашей работы входило изучение активности фотосинтетического аппарата, отдельных составляющих реакции карбоксилирования с использованием модели Фаркьюхара [7], а также ростовых процессов растений картофеля, выращиваемых только при облучении выпускаемыми светодиодами устройствами.

### Материалы и методы

Работу проводили на растениях, выращенных в факторостатных условиях при температуре 18 – 20°C, 16 часовом фотопериоде. Оздоровленные миниклубни картофеля сорта Невский, полученные в аэропонной установке, высаживали в 5-литровые сосуды для выращивания, наполненные почвенным субстратом, после чего помещали под различ-



ные источники света. Использовали лампы ДНАТ- 600 и светодиодные облучатели фирмы Фотон с максимумами излучения: КС 660+СС 450нм в соотношении 40:20 (1 Вт/1 СД) и КС 630+СС 470нм в соотношении 48:24 (1 Вт/1 СД) и уровнями интенсивности света на высоте верхних листьев: 260-270, 260-270 и 130-135 мкмоль фотонов м<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup>, соответственно.

Измерения газообмена проводили с помощью переносного газового анализатора LCPro+ фирмы ADC BioScientific Ltd. Световые и углекислотные кривые строили путем последовательного повышения уровней интенсивности света и концентрации углекислоты, соответственно. Анализ углекислотной кривой CO<sub>2</sub> газообмена проводили по модели Фаркьюхара. Модель позволяет определить максимальную скорость карбоксилирования РБФК/О (V<sub>cmax</sub>), скорость электронного транспорта при световом насыщении (J<sub>max</sub>), а также скорость утилизации триозофосфатов (TPU), что характеризует доступность неорганического фосфата для цикла Кальвина.

**Результаты**

Определение скорости фотосинтеза показало, что для растений, выращиваемых под лампами ДНАТ-600 и СД 660+450, поглощение углекислоты единицей листовой поверхности практически не различалось и составляло 10,97 ± 0,34 и 10,20 ± 0,22 мкмоль CO<sub>2</sub> м<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup>. Более низкий уровень интенсивности света под светодиодами 630+470 вызывал уменьшение поглощения углекислоты до 6,92 ± 0,20 мкмоль CO<sub>2</sub> м<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup>. Низкие значения скорости фотосинтеза при облучении СД 630+470 связаны с менее эффективной работой фотосинтетического аппарата. Действительно, анализ углекислотной кривой фотосинтеза показывает, что меньшая скорость фотосинтеза варианта СД 430 + 470 связана с низкой активностью РБФК/О и скорости регенерации РБФ, то есть активностью реакций световой стадии фотосинтеза (рис. 1).

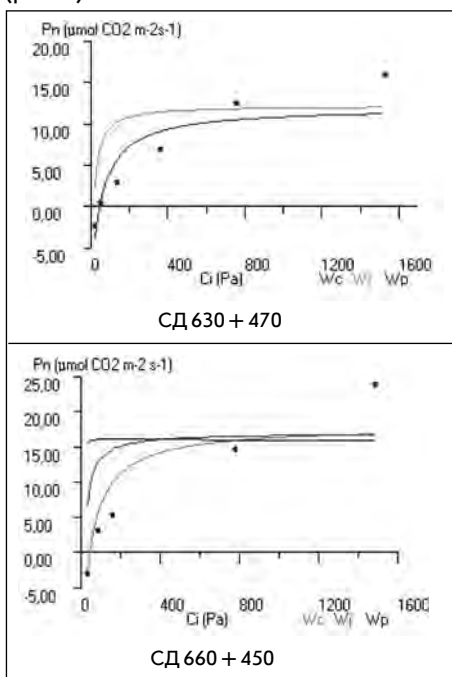


Рис. 1. Скорость фотосинтеза растений картофеля, выращенных под комбинированными светодиодными облучателями, при различных уровнях концентрации углекислоты в межклетниках мезофилла и лимитировании процесса активностью РБФК/О (W<sub>c</sub>) регенераций РБФ (W<sub>p</sub>) или доступностью неорганического фосфата (W<sub>p</sub>). Углекислотные кривые получены путем прямого измерения скорости поглощения CO<sub>2</sub> (символы) или аппроксимацией кривых по модели Фаркьюхара.

Потенциальная скорость CO<sub>2</sub> поглощения единицы листовой поверхности, при световом насыщении, составляла для этих растений 23,9 ± 1,1 мкмоль м<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup>, а при облучении светодиодами 660+450: 59,7 ± 2,4 мкмоль м<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup>. Квантовая эффективность фотосинтеза, соответственно, 0,040 ± 0,001 и 0,090 ± 0,001.

При уровнях интенсивности света, соответствующих условиям выращивания, максимальная скорость фотосинтеза составляла для СД 630+470: 24,8 ± 3,6 и для СД 660+450: 37,9 ± 1,1 мкмоль CO<sub>2</sub> м<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup>. Для растений под светодиодным облучением 660+450нм наблюдается снижение доступности неорганического фосфата и использования триозофосфатов в цикле Бенсона-Кальвина по сравнению с вариантом СД 630+470.

Наряду с изучением работы фотосинтетического аппарата в условиях совместного облучения растений КС и СС был проведен анализ действия отдельно светодиодного красного и синего света на активность ФА при низких уровнях облучения, соответствующих условиям выращивания растений под КС или СС, а также при насыщающих уровнях интенсивности света. При облучении растений только синим светом лимитирующим звеном фотосинтеза является активность РБФК/О. В условиях, когда растения находятся только под СД красного света (660 нм), лимитирующим процессом является скорость поступления фосфата в хлоропласты и скорость использования триозофосфатов в цикле Кальвина. В условиях насыщающих уровней облученности лимитирование фотосинтеза было связано с активностью РБФК/О. Скорость ростовых процессов (по накоплению биомассы растениями) в вариантах ДНАТ и СД 630+470 было выше по сравнению с вариантом СД 660+450 (табл. 1).

Таблица 1

**Биомасса растений картофеля, выращенных под комбинированными светодиодными облучателями**

Вариант	Сырой вес, г			Сухой вес, г		
	стеб.	лист	сумма	стеб.	лист	сумма
Натриевые лампы	25,7	33,8	59,5	1,6	2,6	4,2
СД 660+450	5,6	21,0	26,6	0,5	2,4	2,9
СД 630+470	24,1	41,9	66,0	1,3	3,1	4,4

\* разброс данных не более 5%

Более высокое накопление биомассы и скорости ростовых процессов под лампами ДНАТ и СД 630+470 по сравнению с СД 660+450 могло быть обусловлено несколькими причинами: уровнем интенсивности света, спектральным составом источников облучения, работой фотосинтетического аппарата, гормональным балансом в системе целого растения при изменении соотношения красного и синего света в источниках облучения.

Действительно, в варианте со светодиодными источниками, имеющими максимумы излучения в области 660 и 450 нм, это отношение составляло 1,43, а в варианте СД 630+470 – 2,09. В случае увеличения красной составляющей в спектре облучения происходит повышение накопления гиббереллинов в надземной части растений, что приводит к увеличению нарастания площади листовой поверхности. Последнее важно в начальный период роста растений. В варианте с СД 630+470 площадь листьев была выше по сравнению с СД 660+450 в 2,1 раза. Напротив, действие синей составляющей источников облучения, вызывая накопление цитокининов в подземных органах, становится важным в конце вегетации, способствуя увеличению клубнеобразования у растений. Действительно, выход клубней был выше под лампа-

ми ДНАТ – 183,6 г и СД 660+450 нм – 176,1 г. Под СД 630+470 вес клубней составлял 18,6г.

Таким образом, проведенная работа показала возможность использования светодиодных облучателей при выращивании растений картофеля в контролируемых условиях фитотрона. Последующие исследования должны прояснить более детально соотношение фотосинтетической, метаболической и гормональной составляющей в продукционном процессе растений, в условиях аэропонного культивирования.

### Литература

1. Волков В.Н., Свентицкий И.И., Сторожев П.И., Царева Л.А. Искусственное облучение растений. // Институт агрохимии и почвоведения РАН – Пущино, 1982. – 40 с.
2. Воскресенская Н.П. Принципы фоторегулирования метаболизма растений и регуляторное действие красного и синего света на фотосинтез. Фоторегуляция метаболизма и морфогенеза растений. / А.Л. Курсанов, Н.П. Воскресенская. // М.: Наука, 1975. – С. 16-36.

3. Bukhov N.G., Drozdova I.S., Bondar V.V., Mokronosov A.T. Blue, Red and Blue Plas Red Light Control of Chlorophyll Content and CO<sub>2</sub> Gas Exchange in Barley Leaves: Quantitative Description of the effects of Light Quality and Fluence Rate. // *Physiol.Plant.* – 1992. – V.85. – P. 632-639.

4. Воскресенская Н.П. Регуляторная роль синего света в фотосинтезе. Физиология фотосинтеза. / А.А. Ничипорович. // М.: Наука, 1982. – С. 203-220.

5. Yorio N.C., Goins G.D., Kagie H.K., Wheeler R.M., Sager J.C. Improving Spinach, Radish, and Lettuce Growth under Red Light-Emitting Diodes (LEDs) with Blue Light Supplementation. // *Hort. Sci.* – 2001. – V. 36. – P. 380-383.

6. Аверчева О.В., Беркович Ю.А., Ерохин А.Н., Жигалова Т.В., Погосян С.И., Смолянина С.О. Особенности роста и фотосинтеза растений китайской капусты при выращивании под светодиодными светильниками. // *Физиология растений.* – 2009. – Т. 56. – С. 17-26.

7. Farquhar G.D., von Caemmerer S. Berry J.A. A biochemical model of photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation in leaves of C<sub>3</sub> plants. // *Planta.* – 1980. – V. 149. – N. 1. – P. 78-90.

УДК 575.322:631.445.52:633.18

## Накопление и транспорт K<sup>+</sup> и Na<sup>+</sup> в растениях сортов риса в условиях почвенного засоления

## Accumulation and Transport of K<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup> in Rice Varieties Plants under Conditions of Soil Salinity

Н.А. ЛАДАТКО, О.А. ДОСЕЕВА,  
ГНУ ВНИИ риса РАСХН,  
г. Краснодар  
e-mail: la\_va\_nda@mail.ru

N.A. LADATKO, O.A. DOSEEVA,  
All-Russian Rice Research  
Institute, Krasnodar  
e-mail: la\_va\_nda@mail.ru

В условиях вегетационного опыта при искусственном хлоридном засолении почвы изучалась динамика накопления и распределение по органам растений риса (*Oryza sativa* L.) ионов натрия и калия. Показано, что у солеустойчивых сортов поддерживается необходимое соотношение K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> в листьях, но не затрачивается дополнительная энергия на селективное поглощение этих ионов, обратный транспорт Na в корни и выведение его в почвенный раствор, а происходит компартментация засоряющих ионов в стеблях.

**Ключевые слова:** засоление, *Oryza sativa*, транспорт и накопление ионов, онтогенез.

*Dynamics of accumulation and allocation of sodium and potassium ions in rice plants (Oryza sativa L) under conditions of vegetative experience with soil artificial chloride salinization was studied. It is shown that salt resistant varieties maintain the necessary K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio in leaves, but don't spend additional energy for selective*

*absorption of these ions, recirculation of Na to roots and its extraction to soil solution, while compartmentation of saline ions in stems is occurred.*

**Key words:** soil salinity, *Oryza sativa*, transport and accumulation of ions, ontogenesis.

### Введение

Проблема солеустойчивости является одной из важнейших для рисосеяния. В условиях значительного распространения засоленных почв и неодинаковом уровне снижения продуктивности у разных сортов на таких землях изучение механизмов солеустойчивости растений имеет большое значение как в селекционной, так и агротехнической практике.

Устойчивость растения к засолению среды является комплексной характеристикой и изменяется в онтогенезе в связи с переходом к различным этапам развития, требующим определенной перестройки метаболических процессов. В то же время для успешного прохождения жизненного цикла и формирования жизнеспособных семян растению необходимо иметь механизмы, снижающие негативное воздей-

ствии факторов среды на основные физиологические процессы.

Многими исследованиями было установлено, что солеустойчивые сорта обладают более высокой способностью к избирательному поглощению и транспортировке ионов [1, 2]. Также обнаружено, что поглощение  $\text{Na}^+$  через  $\text{Na}^+$ -проводящие каналы связано с работой  $\text{K}^+$ -проводящих каналов и частично ингибируется присутствием во внешнем растворе  $\text{Ca}^{2+}$  [3]. Содержание  $\text{K}^+$  и соотношение  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  в стеблях солеустойчивых сортов были выше, чем у сочувствительных [4]. Кроме того отношение  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  в листьях может служить тестовым признаком для оценки и дифференциации сортов по солеустойчивости [5].

Несмотря на большое число работ, посвященных изучению солеустойчивости риса, закономерности поглощения и накопления ионов солей растениями риса до сих пор изучены недостаточно. Поскольку большинство исследований, касающихся этой проблемы, проводилось в краткосрочных опытах на небольшом наборе сортов, контрастных по солеустойчивости, представляло интерес изучить накопление и распределение по органам ионов калия и натрия в онтогенезе растений риса (*Oryza sativa* L.).

**Цель исследований**

Изучить особенности накопления и транспорта в растениях различных сортов риса (*Oryza sativa* L.) ионов калия и натрия в онтогенезе в условиях хлоридного засоления.

**Материал и методы исследований**

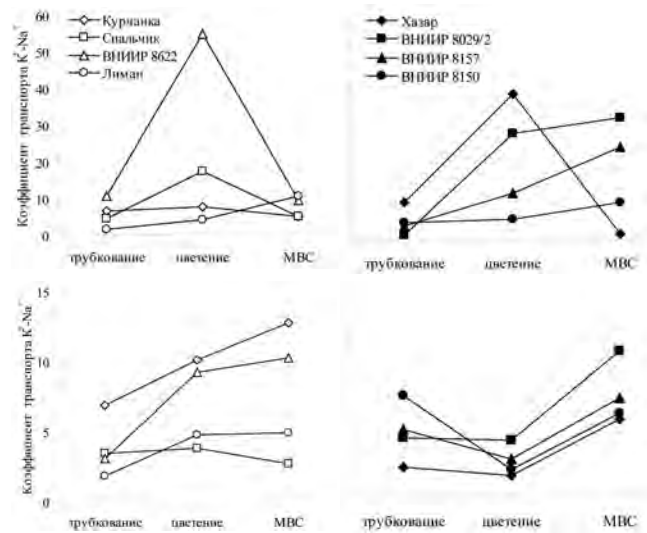
Объект исследования – 8 сортов риса разной солеустойчивости (Курчанка, Спальчик, Лиман, Хазар, ВНИИР 8622, ВНИИР 8029/2, ВНИИР 8157, ВНИИР 8150). Растения выращивали на вегетационной площадке в сосудах, вмещающих 8 кг почвы (рисовая лугово-черноземная). Почва засолялась искусственно, из расчета 0,25 % NaCl на сухую ее массу до посева, минерализация поливной воды поддерживалась на уровне 0,25 % (4,7 мСм/см) с фазы 3 листьев в течение всего вегетационного периода. В контрольных вариантах почва и вода оставались незасоленными. Удобрения (N – 27,5; P – 18,3; K – 4,3 мг д.в. / 100 г. почвы) вносились полной дозой при набивке сосудов. Повторность – шестикратная. Содержание натрия, калия и кальция в органах растений риса определяли методом мокрого озоления по В.Т. Куркаеву [6] с последующим измерением на пламенном фотометре PFP 7 (BUCK Scientific, США) в фазы трубкования (10 листьев), цветения и молочной-восковой спелости зерна (МВС). В эти же фазы проводили биометрический анализ растений. В фазу полной спелости проводили учет урожая и элементов его структуры. Полученные данные обрабатывали методами биометрической статистики в программе MS Excel.

**Результаты**

Время проявления повреждений, вызванных избытком солей в почве (в частности NaCl), зависит как от количества поглощенного растением натрия, так и его компартментации в тканях и клетках [7]. Для сохранения общих процессов жизнедеятельности растение стремится снизить поглощение и накопление  $\text{Na}^+$  в цитоплазме клеток активно функционирующих органов (листьев), а также не допустить его проникновение в генеративные органы. На практике для многих видов растений показано, что те из них, которые способны эффективно выводить  $\text{Na}^+$  из стеблей, или хотя бы из листовых пластинок, и напротив, активно поглощать  $\text{K}^+$  являются более солеустойчивыми [8, 9, 10].

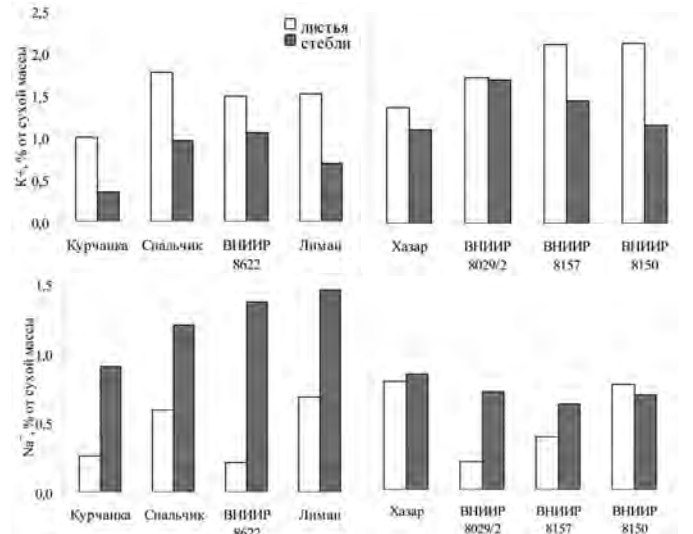
Одной из характеристик накопления и распределения  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$  в растении является коэффициент селективного транспорта  $\text{K}^+-\text{Na}^+$  между стеблями и листьями ( $S_{\text{K}^+-\text{Na}^+}$ ) [11].

Максимальные его значения у сортов на пресном фоне (рис. 1 А, Б) отмечаются в период генеративного развития, что говорит об ограничении растением транспорта Na в зеленые, активно функционирующие листья и поддержании в них высокого отношения  $\text{K}^+/\text{Na}^+$ . Аналогичная динамика изменения данного коэффициента наблюдается в стрессовых условиях только у солеустойчивых сортов (рис. 1 В). Планомерное повышение  $S_{\text{K}^+-\text{Na}^+}$  к концу вегетации у большинства сортов можно объяснить не столько избирательным транспортом этих ионов из стеблей в листья, сколько снижением интенсивности транспирационного тока и активности листового аппарата.



**Рис. 1.** Изменение коэффициента селективного транспорта  $\text{K}^+-\text{Na}^+$  в онтогенезе риса на пресном (А, Б) и засоленном (В, Г) фоне у солеустойчивых (○) и неустойчивых (●) сортов.

Несмотря на то, что солеустойчивые сорта к фазе цветения в среднем накапливают в органах меньше калия, содержание натрия в листьях у них также ниже, а в стеблях заметно выше, чем у неустойчивых сортов (рис. 2). Однако отношение  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  в листьях у обеих групп сортов одинаково, тогда как в стеблях в 3 раза больше у неустойчивых сортов. При этом в каждой группе наблюдаются значительные различия между сортами по абсолютному содержанию калия и особенно натрия в листьях и стеблях.



**Рис. 2.** Накопление ионов  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$  в органах растений риса солеустойчивых (А) и неустойчивых (Б) сортов в фазу цветения при засолении.

Анализ полученных на стрессовом фоне данных (рис. 3) не выявил зависимости между накоплением  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  в листьях растений риса, но их содержание в стеблях было в средней степени взаимообусловлено ( $r = 0,53$ ). В целом по опыту связь между содержанием натрия и калия в листьях была средней ( $r = 0,37$ ), а в стеблях – сильной ( $r = 0,84$ ).

Рост растений значительно угнетается при засолении, но не всегда обнаруживается связь между накоплением  $\text{Na}^+$  в их тканях и солеустойчивостью [12]. Агротомическая устойчивость риса к хлоридному засолению, определяемая по хозяйственной продуктивности сортов, была тесно связана с накоплением калия и натрия в листьях растений в фазу трубкования ( $r = +0,91$  и  $-0,84$ , соответственно), а также содержанием калия в стеблях ( $r = 0,85$ ). При переходе к генеративному развитию (фаза цветения) влияние на зерновую продуктивность оказывало накопление натрия в листьях ( $r = 0,78$ ) и несколько меньшее – содержание калия и натрия в стеблях растений.

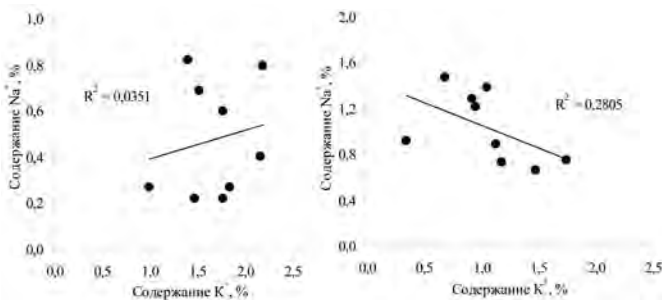


Рис. 3. Взаимосвязь между содержанием ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  в листьях (А) и стеблях (Б) растений риса в фазу цветения при засолении.

При этом на стрессовом фоне сильная корреляционная связь с урожаем была обнаружена только между содержанием  $\text{Na}^+$  ( $r = +0,82$ ) и  $\text{K}^+$  ( $r = -0,81$ ) в стеблях в фазу цветения. Такая зависимость в условиях засоления может объясняться преимущественным использованием на налив зерна запасенных в стеблях ассимилятов, в связи с недостаточным развитием листового аппарата и резким отмиранием листьев после цветения, особенно у неустойчивых сортов.

Многообразие механизмов адаптации к солевому стрессу, наблюдаемое даже в пределах одного вида, не позволяет использовать абсолютные значения накопления  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ , а также способность растений регулировать их транспорт в различные органы, в качестве основного показателя для выделения устойчивых форм. Степень повреждений, вызванных избыточным накоплением солей, определяется как способностью растения ограничивать их поступление в органы, несущие основную метаболическую нагрузку, так и распределять токсичные ионы на тканевом и клеточном уровне без существенного снижения физиологической активности [13, 14].

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что у солеустойчивых сортов поддерживается необходимое соотношение  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  в листьях, но не затрачивается дополнительная энергия на селективное поглощение этих ионов, обратный транспорт  $\text{Na}$  в корни и выведение его в почвенный раствор. Предполагается, что происходит компартиментация засоляющих ионов в стеблях, способствующая

также формированию высокого осмотического потенциала помимо синтеза органических осмолитов.

### Литература

1. Takahashi R., Nishio T., Ichizen N., Takano T. Salt-tolerant reed plants contain lower  $\text{Na}^+$  and higher  $\text{K}^+$  than salt-sensitive reed plants // *Acta Physiol. Plant.* - 2007. - Vol. 29. - P. 431-438.
2. Kader Md. A., Lindberg S. Uptake of sodium in protoplasts of salt-sensitive and salt-tolerant cultivars of rice, *Oryza sativa* L. determined by the fluorescent dye SBFI // *Journal of Experimental Botany.* - 2005. - Vol. 56, No. 422. - P. 3149-3158.
3. Roberts S., Tester M. A patch clamp study of  $\text{Na}^+$  transport in maize roots // *Journal of Experimental Botany.* - 1997. - Vol. 48. - P. 431 - 440.
4. Sun Xiao-Fang, Liu You-Liang Distribution of  $\text{K}^+$  and  $\text{Na}^+$  in cotton-plant under  $\text{NaCl}$  stress and salt tolerance // *Acta Bot. Boreali - Occident. Sin.* - 2000. - Vol. 20, № 6. - P. 1027 - 1033.
5. Asch F., Dingkuhn M., Miezian K., D rffling K. Leaf  $\text{K}/\text{Na}$  ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice // *Euphytica.* - 2000. - 113. - P. 109-118.
6. Куркаев В.Т., Ерошкина С.М., Пономарев А.А. Сельскохозяйственный анализ и основы биохимии растений. - М.: Колос, 1977. - 240 с.
7. Munns R. Comparative physiology of salt and water stress // *Plant, Cell and Environment.* - 2002. - 2. - P. 239-250.
8. Munns R., Hare R.A., James R.A., Rebetzke G.J. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat // *Australian Journal of Agricultural Research.* - 2000b. - № 51. - P. 69-74.
9. Flowers T.J., Hajibagheri M.A. Salinity tolerance in *Hordeum vulgare*: ion concentration in root cells of cultivars differing in salt tolerance // *Plant and Soil.* - 2001. - 231. - P. 1-9.
10. Zhu G.Y., Kinet J.M., Lutts S. Characterization of rice (*Oryza sativa* L.) F-3 populations selected for salt resistance. I. Physiological behavior during vegetative growth // *Euphytica.* - 2001. - 121. - P. 251-263.
11. Chen H.Z., Ladatko N.A., Zhu D.F., Lin X.Q., Zhang Y.P. and Sun Z.X. Study on absorption and distribution of  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  in rice seedling under salt stress // *Journal of Plant Ecology (Chinese Version).* - 2007. - 31 (5). - P. 937-945.
12. Tester M., Davenport R.  $\text{Na}^+$  tolerance and  $\text{Na}^+$  transport in higher plants // *Annals of Botany.* - 2003. - 91. - P. 503-527.
13. Yeo A.R., Yeo M.E., Flowers S.A. and Flowers T.J. Screening of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for physiological characters contributing to salinity resistance, and their relation to overall performance // *Theoretical and Applied Genetics.* - 1990 - 79. - P. 377-384.
14. Flowers T. J., Hajibagher M. A. and Yeo A. R. Ion accumulation in the cell walls of rice plants growing under saline conditions: evidence for the Oertii hypothesis // *Plant, Cell and Environment.* - 1991. - 14. - P. 319-325.

УДК 633.111 «321»:581.132

## Организация мезофилла листьев яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.)

## Mesophyll organization of spring bread wheat leaves (*Triticum aestivum* L.)

Ю.В. ДАШТОЯН,  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока  
РАСХН, г. Саратов  
e-mail: Dashto@rambler.ru

YU.V. DASHTOYAN,  
Agricultural Research Institute  
of South-East Region  
e-mail: Dashto@rambler.ru

В статье приводятся результаты исследования организации мезофилла листьев мягкой пшеницы. Предлагается типология клеток мезофилла, основанная на морфологических критериях. Описана специфика распространения клеток мезофилла разных типов в листьях мягкой пшеницы различных метамеров.

**Ключевые слова:** мягкая пшеница, мезофилл, метамер, анатомия пластинки листа.

*Effects of research of mesophyll organization of spring bread wheat leaves are resulted in the article. The typology of mesophyll cells, based on morphological criteria is offered. Specificity of distribution of mesophyll cells of different types in spring bread wheat leaves of various metameres is described.*

**Key words:** spring bread wheat, mesophyll, metamere, anatomy of leaf blade.

Ведущую роль среди возделываемых человеком сельскохозяйственных культур играет пшеница. Для повышения урожайности этой культуры необходимо изучение элементов фотосинтетической деятельности на всех уровнях организации ассимиляционного аппарата [1, 2, 3].

Решающая роль фотосинтеза в формировании урожая легла в основу теории фотосинтетической продуктивности. Для дальнейшего развития этой теории необходимо обратить внимание на метамерный принцип организации структуры побега растения, поскольку метамеры различаются по структуре и функциональной нагрузке [4, 5, 6].

До настоящего времени клеточный и тканевый уровни организации фотосинтетического аппарата пшеницы остаются недостаточно изученными [7, 8]. Разветвленная форма клеток мезофилла была описана сравнительно недавно [9, 10, 11]. На основании числа ячеек клетки были подразделены на несколько типов [12]. Отмечено наличие взаимосвязей между типом клеток, пластической деформацией их клеточных стенок и функцией клетки [13].

Детальное изучение организации фотосинтетического аппарата необходимо для дальнейшей работы по созданию общей теории продуктивности растений, использования полученных результатов в селекционном процессе.

### Материал и методы исследования

В качестве объектов изучения были выбраны следующие сорта мягкой пшеницы: Саратовская 36, Нададорес 63, Саратовская 52, Лютесценс 62, Саратовская 56, Саратовская 58, выращиваемые в полевых мелкоделяночных опытах

НИИСХ Юго-Востока в период с 2006 по 2008 гг. Повторность трехкратная.

В исследованиях использовали пластинки листьев ( $n=15$ ), фиксированные в слабом растворе Навашина по М.Н. Прозиной [14]. Срезы готовили по общепринятой методике и окрашивали гематоксилином Гейденгайна и альциановым синим [15, 16]. Толщина срезов составляла 10–15 мкм.

Для определения формы и параметров клеток мезофилла листа использовали среднюю часть пластинки (длина – 2 см, ширина – 0,5 см) листьев 1–7 метамеров побега. Мацерацию осуществляли в течение 15 мин. при нагревании на водяной бане в растворе соляной (1%) и хромовой (5%) кислот – 1:1. Количественный анализ при разделении клеток на типы осуществлялся с помощью камеры Горяева [17, 18]. Морфометрическое определение длины и ширины клеток мезофилла осуществлялось с помощью окуляр-микрометра МБС-9,  $n=50$ . Фотографии были получены при помощи цифровой камеры-окуляра для микроскопа SCOPETEK, модель DCM35.

Результаты исследования подвергались статистической обработке по Б.А. Доспехову [19].

### Результаты исследования

При изучении анатомической организации мезофилла листа пшеницы было выявлено большое разнообразие форм клеток, которые на основании следующих критериев: 1) наличие симметричности клетки в целом (определяется числом осей симметрии на двумерной плоскости); 2) наличие или отсутствие лопастей клетки («protuberance» по Chohan N. [10]; «lobes» по Parker M.C., Ford M.A. [20]; «arm» по Sasahara T. [11]); 3) ширина цитоплазматического мостика или глубина «перетяжек» между ячейками; 4) пространственное положение ячейки относительно продольной оси клетки – перпендикулярно или наклонно с различным углом между продольной и поперечной осями симметрии на двумерной плоскости; 5) соотношение длины к ширине клетки – разделили на 11 основных типов: А, В, С, D, E, F, G, H, I, J и K. Некоторые из них представлены на рисунке 1:

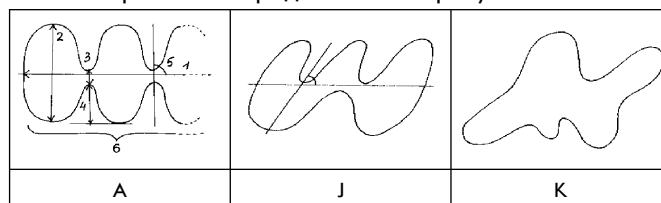


Рис. 1. Некоторые типы клеток мезофилла пластинки листа мягкой яровой пшеницы сорта Саратовская 36: 1 – длина клетки, 2 – ширина клетки, 3 – ширина цитоплазматического мостика, 4 – глубина перетяжки, 5 – угол наклона ячеек по отношению к продольной оси клетки, 6 – число ячеек в клетке.

По принципу симметрии клетки были объединены в две группы: симметричные (к этой группе были отнесены клетки А, В, С, F, G-типов, имеющие одинаковое число ячеек с обеих сторон от продольной оси клетки) и несимметричные (клетки H, I, J, K-типов, отличающиеся разным числом ячеек по обе стороны от продольной оси клетки). Клетки D-типа представляют собой простые паренхимные клетки, не имеющие ячеистой формы, клетки E-типа – преимущественно прозенхимные клетки с извилистыми стенками, наличие ячеек морфологически не определялось.

Для клеток А, F, H, J-типов ширина цитоплазматического мостика существенно меньше относительно других клеток, глубина перетяжки составляет 30–45% от ширины клетки, для клеток В, G, I-типов – в пределах 15–30% ширины клетки. Клетки С, D и E-типов либо не имеют четкого деления на ячейки или имеют перетяжки, составляющие не более 15% от ширины клетки.

Клетки А, В, С, H-типов имеют ячейки, расположенные перпендикулярно относительно продольной оси клетки, F, G, I, J-типов – наклонно, с различным углом между продольной и поперечной осями симметрии. Количество ячеек в некоторых типах клеток может варьировать от 2 до 14.

Типы клеток различаются также по величине соотношения длины и ширины: А, В, F, G, H, I-типы – от 0,77 до 9,40; С, D, E, J и K-типы – от 0,96 до 4,00.

Из полученных результатов и литературных данных [17, 20, 18, 21] следует, что морфологическое разнообразие типов клеток мезофилла универсально среди ведущих культурных злаков и может способствовать расширению адапционного потенциала вида или сорта к агроклиматическим условиям.

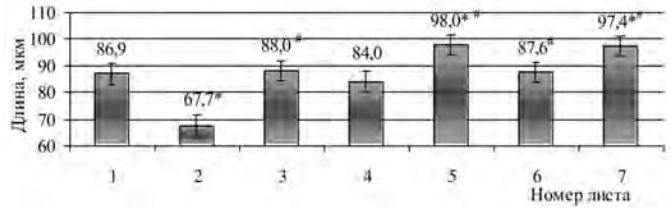
При исследовании организации ассимиляционной паренхимы листьев пшеницы различных метемеров было отмечено варьирование числа клеток мезофилла различных типов в зависимости от положения листа на побеге. В пластинке 1-го и 2-го листьев встречались с разной частотой все типы клеток мезофилла. Начиная с третьего листа, разнообразие типов клеток мезофилла уменьшалось. В частности, в третьем листе не были обнаружены клетки E-типа, четвертом – E и K-типов, пятом – D, E и K-типов, 6-м, кроме перечисленных, – клетки J-типа, а в 7-м – также клетки C-типа. В пластинках 4–7-го листьев преобладали клетки А, В, F и H-типов, которые отличались значительным варьированием числа ячеек, соотношением длины к ширине клетки и глубокими перетяжками, определяющими ширину цитоплазматического мостика между ячейками (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание различных типов клеток мезофилла пластинки листьев мягкой пшеницы сорта Саратовская 36**

Но- мер листа	Типы клеток мезофилла листа пшеницы, %										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	16	22	2	4	4	28	4	8	4	4	4
2	36	12	6	2	4	16	2	16	2	2	2
3	30	24	2	2	0	26	4	6	2	2	2
4	28	8	2	2	0	32	4	16	6	2	0
5	32	8	2	0	0	34	4	12	2	6	0
6	40	12	8	0	0	16	8	12	4	0	0
7	28	4	0	0	0	38	4	16	8	0	0

Линейные параметры клеток мезофилла изменялись в связи с принадлежностью листа к тому или иному метемеру. Наибольшую длину имели клетки пластинки листьев верхних, 5–7-го метемеров, наименьшую ширину – клетки мезофилла пластинки 7-го листа (рис. 2, 3).

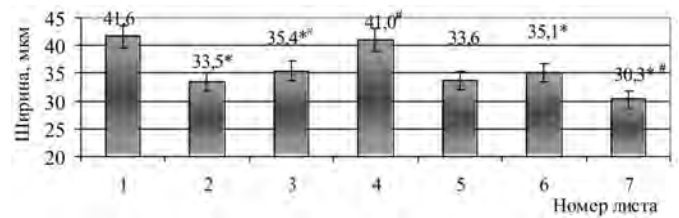


**Рис. 2. Длина клеток мезофилла пластинки листьев мягкой яровой пшеницы сорта Саратовская 36, мкм.**

**Примечание:** \* - достоверная разница относительно первого листа при  $P \leq 0,05$ ; # - достоверная разница относительно предыдущего листа при  $P \leq 0,05$ .

Выявлено, что размер клеток мезофилла не обязательно положительно коррелирует с формой клетки или с числом ячеек в ней. Клетки одного типа могут иметь различные размеры, клетки с меньшим числом ячеек – большие линейные размеры и наоборот.

Например, в пластинке 2-го листа среди клеток F-типа наблюдались клетки с 2–7 ячейками, длиной от 44,9 до 126,5 мкм и шириной от 21,6 до 53,3 мкм. В пластинке 5-го листа среди клеток F-типа отмечены клетки с 3–9 ячейками, но несколько большей максимальной длиной – от 36,6 до 163,2 мкм. Ширина различных клеток этого типа была примерно одинаковой в пластинке 2-го листа. Среди клеток F-типа в пластинке 7-го листа отмечены клетки с 3–10 ячейками, максимальная длина отдельных клеток была меньше по сравнению с клетками этого типа в пластинке 5-го листа.



**Рис. 3. Ширина клеток мезофилла пластинки листьев мягкой яровой пшеницы сорта Саратовская 36, мкм.**

**Примечание:** \* - достоверная разница относительно первого листа при  $P \leq 0,05$ ; # - достоверная разница относительно предыдущего листа при  $P \leq 0,05$ .

Исследуя особенности организации мезофилла пластинки листьев других сортов мягкой пшеницы (Лютесценс 62, Саратовская 52, Саратовская 56, Саратовская 58, Нададорес 63), было установлено, что отмеченные ранее закономерности на примере мягкой пшеницы сорта Саратовская 36 справедливы и для указанных сортов этого вида. В частности, среди клеток мезофилла первых двух листьев выявлены все типы клеток; в листьях выше расположенных метемеров разнообразие типов клеток мезофилла уменьшалось, в флаговом листе преобладали клетки А, В, F и H-типов и отсутствовали клетки С, D, E, J и K-типов.

С учетом доли представительства каждого из типов клеток в мезофилле пластинки листьев анализ их средней длины позволил выявить следующее. У растений сорта Лютесценс 62 минимальная длина клеток была отмечена в пластинке 2-го листа, максимальная – в пластинке 5-го листа. Ширина клеток составляла от 29,6 (7-й лист) до 38,6 мкм у 2-го листа. Для Саратовской 52 минимальная длина клеток мезофилла пластинки отмечена у 3-го листа (52,2 мкм), максимальная – у 4-го и 7-го – 97,4 и 96,6 мкм соответственно. Ширина клеток достигала 20 мкм у 3-го листа и 43,3 мкм у 4-го. У Саратовской 56 минимальная длина клеток была отмечена в пластинке 4-го листа, максимальная – в пластинке 5-го. Ширина клеток составляла от 30,1 мкм (6-й лист) до

42,4 мкм у 2-го листа. Для Саратовской 58 минимальная длина клеток была отмечена в пластинке 3-го листа, максимальная – в пластинке 6-го листа. Ширина клеток составляла от 23,3 (3-й лист) до 48,9 мкм у 4-го листа. У Нададорес 63 минимальная длина клеток была отмечена в пластинке 1-го листа, максимальная – в пластинке 6-го. Ширина клеток составляла от 15,6 мкм (1-й лист) до 39,1 мкм у 3-го листа (табл. 2).

Таблица 2

**Параметры клеток мезофилла у разных сортов мягкой пшеницы**

Сорт	Параметры клеток, мкм	Номер листа						
		1	2	3	4	5	6	7
Лютесценс 62	длина	80,6± 3,22	70,3± 2,11	75,9± 2,28	81,7± 3,27	103,2± 5,16#	85,2± 3,41	-
	ширина	33,3± 1,00	38,6± 1,16	32,2± 0,97	34,6± 1,04	37,8± 1,13	29,6± 0,59	-
Саратовская 52	длина	71,5± 2,15	73,8± 2,21	52,2± 0,52**	97,4± 4,87#	92,4± 4,62#	85,9± 3,44#	96,6± 4,85#
	ширина	36,7± 1,10	37,7± 1,13	20,0± 0,40**	43,3± 1,73*	28,8± 0,58**	34,0± 1,02	35,1± 1,05
Нададорес 63	длина	55,0± 0,58*	78,1± 2,34#	101,4± 5,07**	91,8± 4,59#	103,3± 5,17#	109,7± 5,49**	100,3± 5,17#
	ширина	15,6± 0,16*	36,2± 1,09#	39,1± 1,17**	27,8± 0,56**	32,2± 0,97#	36,7± 1,10**	35,7± 1,07#
Саратовская 56	длина	79,5± 2,39	81,0± 3,24	78,0± 2,34	72,2± 2,17	102,0± 5,1#	90,1± 4,51	81,9± 3,28
	ширина	33,9± 1,01	42,4± 1,70#	31,2± 0,94	41,8± 1,67**	33,3± 0,99	30,1± 0,90	33,4± 1,00
Саратовская 58	длина	71,4± 2,14	77,1± 2,31	45,5± 0,46**	87,6± 3,50#	90,8± 4,54#	104,7± 5,24**	-
	ширина	29,6± 0,59	43,9± 1,76#	23,3± 0,47**	48,9± 1,96**	31,5± 0,95*	33,8± 1,01	-

**Примечание:** \* - достоверная разница относительно сорта Лютесценс 62 при P ≤ 0,05;  
# - достоверная разница относительно первого листа при P ≤ 0,05

Таким образом, разнообразие типов клеток мезофилла пшеницы не исчерпывается числом ячеек. Существует сортовая специфика по степени варьирования числа клеток мезофилла различных типов в листьях разных метамеров. Вместе с тем, имеет место общая для всех изученных сортов мягкой пшеницы закономерность в смене степени представительства клеток мезофилла разных типов в листовых пластинках разных метамеров. Линейные параметры клеток мезофилла пластинки листьев мягкой яровой пшеницы отражают свойства генотипа сорта. Однако, как правило, длина клеток у всех сортов больше в листьях верхних 5–7-го метамеров. Размер разных типов клеток мезофилла не обязательно положительно коррелирует с формой клетки или с числом ячеек в ней.

**Литература**

1. Ничипорович А.А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С. 7 – 33.
2. Robertson E.J., Rachel M. Leech R.M. Significant Changes in Cell and Chloroplast Development in Young Wheat Leaves (*Triticum aestivum* cv Hereward) Grown in Elevated CO<sub>2</sub> // Plant Physiol. – 1995. – Vol. 107. – P. 63 – 71.
3. Sims D.A., Gamon J.A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide

range of species, leaf structures and developmental stages // Remote Sensing of Environment – 2002. – Vol. 81. – P. 337 – 354.

4. Шафранова Л.М. О метамерности и метамерах у растений // Журнал общей биологии. – М., 1980. – Т. 41. – № 3. – С. 437 – 447.
5. Шафранова Л.М. Растение как жизненная форма (к вопросу о содержании понятия «растение») // Журн. общей биологии. – М., 1990. – Т. 51. – № 1. – С. 72 – 88.
6. Степанов С.А. Проблема целостности растения на современном этапе развития биологии // Известия СГУ. Серия Химия, биология, экология. – Саратов, 2008. – Т. 8. – Вып. 2. – С. 50 – 57.

7. Мокроносоев А.Т. Мезоструктура и функциональная активность фотосинтетического аппарата // Под ред. Мокроносоева А.Т. – Свердловск: Изд-во Урал. гос. ун-та, 1978. – С. 5 – 30.

8. Thompson D. S. How do cell walls regulate plant growth? // Journal of Experimental Botany. – 2005. – Vol. 56. № 419. – P. 2275 – 2285.

9. Tuan H.C. Studies on the leaf cells of wheat. I. Morphology of the mesophyll cells // Acta Bot. Sin. – 1962. – Vol. 10. – P. 285 – 293.

10. Chonan N. Studies on the Photosynthetic Tissues in the Leaves of Cereal Crops : I. The mesophyll structure of wheat leaves inserted at different levels of the shoot // Jpn. J. Crop Sci. – 1965. – Vol. 33. № 4. – P. 388 – 393.

11. Sasahara T. Influence of Genome on Leaf Anatomy of Triticum and Aegilops // Ann. Bot. – 1982. – Vol. 50. – P. 491 – 497.

12. Березина О.В., Корчагин Ю.Ю. К методике оценки мезоструктуры листа видов рода *Triticum* (Poaceae) в связи с особенностями строения его хлорофиллоносных клеток // Бот. журнал. – Л., 1987. – Т. 72. – № 4. – С. 535 – 541.

13. Thompson D.S. Space and Time in the Plant Cell Wall: Relationships between Cell Type, Cell Wall Rheology and Cell Function // Annals of Botany – 2008. – Vol. 101, № 2. – P. 203 – 211.

14. Прокина М.Н. Ботаническая микротехника. – М.: Высшая школа, 1960. – 207 с.

15. Дженсен У. Ботаническая гистохимия. – М.: Мир, 1965. – 377 с.

16. Градчанинова О.Д. Методика анатомического исследования листа пшеницы в связи с фотосинтезом // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Л., 1978. – Т. 61. Вып. 3. – С. 68 – 71.

17. Березина О.В. Структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата сортов твердой и мягкой пшеницы в связи с их продуктивностью: Автореф. дис... к.б.н. – Казань, 1989. – 26 с.

18. Бурундукова О.Л. Структурно-функциональные характеристики ассимиляционного аппарата сортов риса разного происхождения и морфотипа в условиях Приморья: Автореф. дис... к.б.н. – Владивосток: БПИ ДВО РАН, 1993. – 20 с.

19. Доспехов Б.А., Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

20. Parker M.C., Ford M.A. The structure of the mesophyll of flag leaves in three *Triticum species* // Ann. Bot. – 1982. – Vol. 49, № 2. – P. 165 – 177.

21. Бурундукова О.Л., Журавлев Ю.Н., Солопов Н.В., Пьянков В.И. Методика расчета объема и площади поверхности клеток мезофилла риса // Физиология растений. – М., 2003. – Т. 50. – № 1. – С. 144 – 150.

УДК 633.1: 632.954; 631.52/.54

## Влияние гербицидов Гранстар и Топик на прорастание семян и ростовые параметры культурных злаков\*

## Effects of Herbicides «Granstar» and «Topic» on Seeds` Germination and Growth Parameters of Cultivated Cereals\*

А.С. ЛУКАТКИН, М.М. РУСЯЕВА,  
А.Н. ГАРЬКОВА,  
Ю.Н. АРОСЛАНКИНА,  
ГОУВПО «Мордовский  
государственный университет  
им. Н.П. Огарева», г. Саранск  
e-mail: aslukatkin@yandex.ru

A. S. LUKATKIN, M. M. RUSYAEVA,  
A. N. GARKOVA,  
YU. N. AROSLANKINA,  
Mordovian State University named  
after N.P. Ogarev,  
Saransk  
e-mail: aslukatkin@yandex.ru

В модельных экспериментах рассмотрено влияние ксенобиотиков (на примере гербицидов Гранстар и Топик) на всхожесть и ростовые параметры культурных злаков — озимой ржи, озимой пшеницы и кукурузы, определено влияние высоких концентраций гербицидов на эти показатели.

**Ключевые слова:** озимая рожь, озимая пшеница, кукуруза, ксенобиотики, гербициды, Топик, Гранстар, концентрация, всхожесть семян, рост.

\*Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки РФ (АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», проект 2.1.1/624).

*Effects of xenobiotics (herbicides "Granstar" and "Topic") on seeds` germination and growth parameters of cultivated cereals (winter rye, winter wheat and maize) were investigated in model experiments. The decrease of germination and growth affected by high herbicide concentrations was shown.*

**Key words:** winter rye, winter wheat, maize, xenobiotics, herbicides, Topic, Granstar, concentration, seed germination, growth.

\*Research was executed with support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation («Development of scientific potential of the higher school», project 2.1.1/624).

### Введение

Воздействие человека на окружающую среду становится все масштабнее и приобретает глобальный характер, особенно возрастает химическая нагрузка на экосистемы. Одной из серьезных экологических проблем современности является загрязнение окружающей среды веществами абиогенного происхождения — ксенобиотиками [1], к числу которых относятся пестициды, широко применяемые при выращивании сельскохозяйственной продукции [2]. При выращивании растений на средах, содержащих высокие концентрации ксенобиотиков, наблюдается подавление прорастания семян, замедление роста корня и побега, хлороз, ингибирование активности ряда ферментов и т.п. [3]. Необходимость применения пестицидов диктуется потребностями

ми товарного производства, однако при этом повышается уровень загрязнения окружающей среды как самими пестицидами, так и продуктами их метаболизма, что требует системного изучения их действия на живые организмы.

В литературе имеются многочисленные данные о влиянии гербицидов на рост растений. Однако сопоставление результатов этих работ довольно затруднительно, так как характер действия гербицидов различных классов не одинаков; он зависит от вида, сорта и возраста растений, а также от продолжительности воздействия, используемых концентраций и т.д. Большое количество гербицидов применяют на злаковых культурах, но сведений по их влиянию на рост сравнительно немного [4–10]. Так, на основе измерений роста сделана оценка толерантности кукурузы, проса и озимой пшеницы к некоторым гербицидам класса сульфонилмочевины [9]. При обработке кукурузы и сорго малыми концентрациями (от 1,5 до 12% от рекомендуемой дозы) гербицида пиритиобак, применяемого для борьбы с двудольными сорняками на полях хлопчатника, у обработанных растений отмечались симптомы фитотоксичности гербицида, в частности задержка в росте и аномальное листосложение [10].

### Цель исследований

Цель работы состояла в сравнительном изучении количественного влияния различных концентраций гербицидов (Гранстар и Топик) на всхожесть семян и ростовые параметры культурных злаков — озимой пшеницы, озимой ржи, кукурузы.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования служили семена кукурузы (*Zea mays* L.) гибрида Коллективный 172 МВ, озимой ржи (*Secale cereale* L.) сорта Эстафета Татарстана и озимой пшеницы (*Triticum vulgare* L.) сорта Мироновская 808.

Материалом для работы служили гербициды Гранстар и Топик. Гранстар — послевсходовый гербицид системного действия для борьбы с широколиственными сорняками в посевах озимых и яровых зерновых культур, относится к классу сульфонилмочевины; действующим веществом является трибенуронметил. Гранстар блокирует деление клеток чувствительных сорняков. Основные причины избирательности в воздействии на сорные и культурные растения — разные скорости разрушения действующего вещества в результате гидроксирования и деметилирования, а также выведения его из организма [11]. Топик — послевсходовый гербицид системного действия для борьбы с овсягом и другими

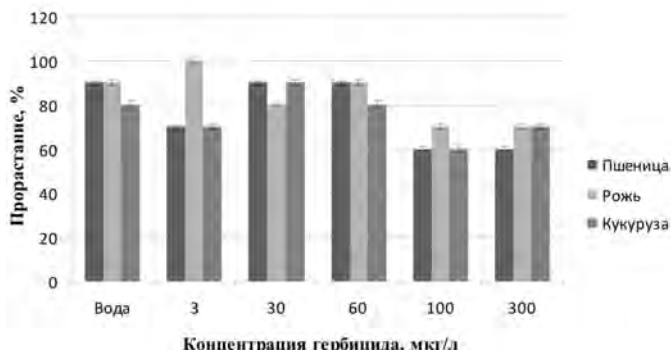


однолетними злаковыми сорняками в посевах яровой и озимой пшеницы [12]. Действующее вещество – клодинафоп-пропаргил + антидот. Химический класс – арилоксифенок-сипропилаты.

Семена злаков проращивали в чашках Петри на различных концентрациях растворов гербицида Гранстар (3, 30, 60, 100 и 300 мкг/л) или Топик (0, 1, 1, 2, 5 и 10 мкл/л). Контролем служили семена, проращиваемые на дистиллированной воде. На 7-е сутки регистрировали количество проросших семян и проводили измерения ростовых характеристик (длины корня и побега) на 15 растениях каждого варианта. Все определения проводили в 3 опытах. Значения на рисунках и в таблицах представляют средние из всех опытов с их стандартными ошибками. Статистическую обработку проводили с использованием программы Microsoft Excel и специальных программ статистической обработки Stat и Frimatrix.

**Результаты исследований**

В результате проведенных экспериментов было выявлено, что всхожесть семян, измеренная через 7 дней, зависела от концентрации гербицида, но нелинейно. Так, в опытах с гербицидом Гранстар угнетающее воздействие на прорастающие семена пшеницы оказали самые высокие концентрации – 100 и 300 мкг/л, однако при самой низкой дозе препарата (3 мкг/л) также обнаружено достоверное снижение всхожести по сравнению с контролем (рис. 1). В то же время у озимой ржи наибольшая всхожесть (выше водного контроля) наблюдалась для семян, проращиваемых в концентрации препарата Гранстар 3 мкг/л; существенное снижение всхожести выявлено лишь при концентрациях 100 и 300 мкг/л. Для семян кукурузы достоверное угнетающее действие выявлено при дозах Гранстара 3, 100 и 300 мкг/л.

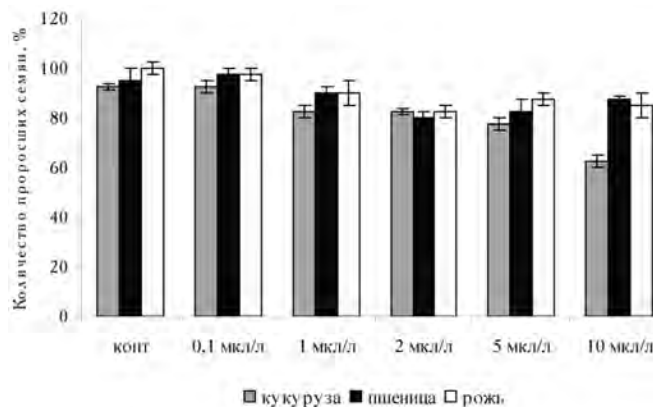


**Рис. 1. Влияние различных концентраций гербицида Гранстар на всхожесть семян злаков.**

В опытах с гербицидом Топик имели несколько иную картину. Так, у пшеницы наибольшее количество проросших семян наблюдалось при действии минимальной дозы гербицида (0,1 мкл/л) (рис. 2). Некоторое снижение всхожести выявлено лишь при концентрации гербицида 2 мкл/л. У семян озимой ржи обработка Топиком приводила к снижению всхожести, не всегда достоверному. Всхожесть семян кукурузы прогрессирующе падала с увеличением концентрации гербицида и была достоверно ниже контроля, начиная с концентрации препарата Топик 1 мкл/л. Минимальная всхожесть (62%) кукурузы зарегистрирована при дозе 10 мкл/л (рис. 2).

Спустя 7 суток после высадки семян злаков на растворы гербицида Гранстар различных концентраций проводили измерения ростовых характеристик (длины корня и побега) (табл. 1). У озимой пшеницы наблюдали практически линейную зависимость уменьшения длины корня от концентрации

гербицида, и наибольшее ингибирующее действие оказала концентрация 300 мкг/л (длина корня в 9 раз ниже, чем в контроле). При исследовании действия препарата на рост побега пшеницы также выявлено снижение длины относительно водного контроля, наиболее выраженное при самой высокой концентрации (300 мкг/л) – в 2,7 раза.



**Рис. 2. Влияние различных концентраций гербицида Топик на всхожесть семян злаков.**

При исследовании роста озимой ржи наблюдали достоверное снижение роста осевых органов при обработке всеми концентрациями гербицида Гранстар, но зависимость подавления длины органов от концентрации препарата была нелинейной (табл. 1). Самый высокий показатель длины корня оказался в водном контроле, а самый низкий (почти в 3 раза ниже контроля) – при концентрациях 30 и 300 мкг/л. Наибольшее подавление роста побега выявлено при концентрации Гранстара 100 мкг/л.

У кукурузы также наблюдали нелинейную зависимость роста корня от концентрации гербицида. При этом высокие дозы препарата (100 и 300 мкг/л) подавляли рост корня в 3,8 раз к контролю. Концентрации 3 и 60 мкг/л были примерно равны по эффективности (ниже контроля в 2,7 раза). Также наблюдалось нелинейное влияние гербицида на рост побега (подавление в 2,3 раза относительно контроля при высоких дозах препарата).

Таблица 1

**Влияние различных концентраций гербицида Гранстар на рост осевых органов (корня и побега) у проростков злаков, мм**

Концентрация гербицида, мкг/л	Объект исследования		
	Пшеница	Рожь	Кукуруза
Длина корня			
0 (вода)	135 ± 0,6	45 ± 0,5	52 ± 0,4
3	87 ± 0,4	31 ± 0,6	19 ± 0,4
30	49 ± 0,8	16 ± 0,2	16 ± 0,4
60	31 ± 0,2	21 ± 0,2	19 ± 0,3
100	20 ± 0,4	18 ± 0,1	14 ± 0,2
300	15 ± 0,3	15 ± 0,1	14 ± 0,1
Длина побега			
0 (вода)	158 ± 0,4	63 ± 0,8	21 ± 0,6
3	130 ± 0,5	44 ± 0,8	23 ± 0,4
30	97 ± 0,4	29 ± 0,7	13 ± 0,3
60	78 ± 0,5	28 ± 0,3	12 ± 0,2
100	57 ± 0,5	19 ± 0,2	9 ± 0,2
300	58 ± 0,4	26 ± 0,7	9 ± 0,3

В аналогичных опытах изучали влияние различных концентраций гербицида Топик на рост корней и побегов пророст-

ков злаков (табл. 2). У озимой пшеницы наблюдали почти линейную зависимость ингибирования роста корня и побега от концентрации гербицида.

В опытах с озимой рожью также выявлена линейная зависимость подавления роста корня от концентрации гербицида, как и зависимость роста побега от гербицида. Все изученные дозы гербицида Топик достоверно ингибировали рост осевых органов, наиболее значительно – при самой высокой дозе.

При исследовании роста кукурузы также наблюдали торможение роста, прогрессирующее с возрастанием дозы Топика, но зависимость была нелинейной для корня и близкой к линейной – для побега. Максимальное снижение роста побега – на 86% ниже контроля – выявлено при концентрации 10 мкл/л.

Таблица 2

### Влияние различных концентраций гербицида Топик на рост осевых органов проростков злаков, мм

Концентрация гербицида, мкл/л	Объект исследования		
	Пшеница	Рожь	Кукуруза
Длина корня			
0 (вода)	108±0,2	81±0,2	148±0,3
0,1	71±0,2	51±0,2	91±0,2
1	58±0,5	36±0,3	53±0,2
2	48±0,4	36±0,2	68±0,4
5	28±0,2	23±0,3	51±0,2
10	12±0,2	13±0,2	31±0,16
Длина побега			
0 (вода)	103±0,2	97±0,7	174±0,4
0,1	75±0,3	63±0,3	121±0,3
1	66±0,3	55±0,2	84±0,4
2	57±0,3	42±0,3	78±0,3
5	34±0,4	28±0,2	47±0,3
10	15±0,3	14±0,2	39±0,1

### Заключение

Проращивание семян злаков – кукурузы, озимой пшеницы и озимой ржи – в растворах ксенобиотиков (гербицидов Топик и Гранстар) показало снижение всхожести с увеличением концентрации препаратов. Таким образом, увеличение концентрации гербицидов оказало выраженное угнетающее воздействие на семена злаков в критическом периоде проращивания.

В работе показано, что почти все изученные концентрации гербицидов, которые применяются на посевах злаковых культур, вызывали существенное подавление роста осевых органов злаков. Выявлена зависимость между концентрациями препаратов и ростом культур. Анализ данных по росту осевых органов злаков показал, что наиболее сильное воздействие гербицид Гранстар оказал на проростки пшеницы (табл. 1), а Топик – на кукурузу (табл. 2). Наибо-

лее токсичными концентрациями гербицида Гранстар для культурных злаков оказались концентрации 3, 30 и 300 мкг/л, ингибирующие рост как корня, так и побега. При воздействии гербицида Топик наиболее негативное действие оказали высокие концентрации гербицида – 5 и 10 мкл/л. Наиболее устойчивыми к действию ксенобиотиков оказались проростки озимой ржи. Выявленные закономерности позволяют в дальнейшем моделировать токсическое действие ксенобиотиков на проростки злаков.

### Литература

1. Юрин В.М. Ксенобиотики и живые системы / В.М. Юрин. – Минск: Изд. центр БГУ, 2008. – 181 с.
2. Лунев М.И. Пестициды и охрана агрофитоценозов / М.И. Лунев. – М.: Колос, 1992. – 269 с.
3. Дурмишидзе С.В. Биотрансформация ксенобиотиков в растениях / С.В. Дурмишидзе, Т.В. Девдариани, Х.А. Кахниашили. – Тбилиси: Мир, 1999. – 287 с.
4. Derksen D.A. Influence of fall and spring herbicide application on winter wheat (*Triticum aestivum* L. «Norstar») / D.A. Derksen, K.J. Kirkland, B.R. McLennan // *Canad. J. Plant Sc.* – 1989. – V. 69, № 3. – P. 881–888.
5. Hess F.D. The influence of the herbicide mefenacet on cell division and cell enlargement in plants / F.D. Hess, J.D. Holmsen, C. Fedtke // *Weed Res.* – 1990. – V. 30. № 1. – P. 21–27.
6. Grayson B.T. The origins of selectivity and performance of new pre-emergence bleaching herbicide, WL 110547. Pt 1. Factors affecting uptake / B.T. Grayson, J.D. Webb, M.R. Deveson, P.G. Blackman // *Pesticide Sc.* – 1990. – V. 28, № 2. – P. 123–141.
7. Dong B. Effects of herbicide chlorsulfuron on growth and nutrient uptake parameters of wheat genotypes differing in Zn-efficiency / B. Dong, Z. Rengel, R.D. Graham // *Plant Soil.* – 1995. – V. 173, № 2. – P. 275–282.
8. Bozinovic I. Depressive influence of herbicides on wheat stem height as a consequence of drought / I. Bozinovic, M. Zivanovic, D. Micanovic, D. Knezevic // *Drought and plant production.* – Belgrade, 1997. – № 1. – P. 465–469.
9. Зуза В.С. Толерантность культурных растений к гербицидам / В.С. Зуза // *Агрохимия*, 2006. – № 10. – С. 46–51.
10. Ghosheh H.Z. Simulated pyriithobac drift effects on corn (*Zea mays*) and grain sorghum (*Sorghum bicolor*) / H.Z. Ghosheh, E.P. Prostko, C.H. Tingle // *Crop Protect.* – 2002. – V. 21, N 7. – P. 529–532.
11. Кириан С.А. Структурно-функциональные характеристики различных типов пестицидов / С.А. Кириан, Л.Ш. Семеньтева, Е.А. Контор, Л.А. Тюрина // *Агрохимия*, 2008. – № 2. – С. 22–25.
12. Ассортимент средств защиты растений. Часть 1. Инсектициды, акарициды, фунгициды. – 76 с. Часть 2. Гербициды. – 76 с. – СПб.: ВИЗР, 2001.

УДК 632.754:579.26

## Микробоценоз пищеварительного тракта клопа вредная черепашка (*Eurigaster integriceps* L.) в Саратовской области

### Microbocenosis of Digestive Tract of *Eurigaster Integriceps* L. in the Territory of the Saratov Region

А.М. ПЕТЕРСОН, Е.В. ГЛИНСКАЯ,  
Е.С. ВЕБЕР,  
Саратовский государственный  
университет  
им. Н.Г. Чернышевского  
e-mail: ElenaVG-2007@yandex.ru.

A.M. PETERSON, E.V. GLINSKAYA,  
E.S. WEBER  
Saratov State University named after  
N.G. Chernyshevsky  
e-mail: ElenaVG-2007@yandex.ru.

Проведено изучение микробоценоза пищеварительного тракта клопа вредная черепашка (*Eurigaster integriceps* L.) на территории Саратовской области. Выявлено 10 видов бактерий, принадлежащих к 8 родам. Наиболее часто из пищеварительного тракта выделялись *Providencia alcalifaciens*, *P. stuartii* и *Erwinia cacticida*.

**Ключевые слова:** клоп вредная черепашка, микробоценоз, бактерия.

*Microbocenosis of digestive tract of Eurigaster integriceps in the territory of the Saratov region was studied. 10 bacteria species pulling into 8 genera were revealed. Providencia alcalifaciens, P. stuartii and Erwinia cacticida were extracted from digestive tract most of all.*

**Key words:** *Eurigaster integriceps*, microbocenosis, bacterium.

Клоп вредная черепашка (*Eurigaster integriceps* L.) является широко распространенным вредителем сельскохозяйственных культур. На территории России ареал вида охватывает Центрально-Черноземный, Северо-Кавказский, Поволжский, Уральский и Западно-Сибирский регионы. Но наиболее вредоносен клоп-черепашка в Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской области, Нижнем Поволжье. Насекомые повреждают в основном яровую и озимую пшеницу, в меньшей степени – рожь, ячмень, овес, кукурузу и просо [1, 2].

Клопы-черепашки способны повреждать растения на протяжении всего вегетационного периода. Перезимовавшие клопы наносят уколы в основание стебля развивающихся побегов, поражая точку роста, зачаток колоса. Поврежденные побеги прекращают рост и постепенно отмирают. Личинки младших возрастов, высасывая сок из различных частей колоса, вызывают полную или частичную белоколосьность, пустоцветность, иногда деформацию колоса. Наибольший ущерб причиняют личинки старших возрастов и молодые взрослые клопы, наносящие уколы в зерновки в период от молочной до полной спелости. При питании клоп со слюной вводит в зерновку сильные протеолитические ферменты, разрушающие клейковину. В результате сильно снижаются хлебопекарные качества зерна. Наличие в колосе 3–5% поврежденных зерен делает муку непригодной для хлебопечения [3].

Однако вредоносность клопов-черепашек не исчерпывается механическими повреждениями, наносимыми расте-

ниям при питании. Растительные клопы могут являться активными переносчиками фитопатогенных агентов. В настоящее время в литературе накоплены данные, показывающие, что насекомые могут служить не только механическими переносчиками, но и представлять собой значительные резервуары фитопатогенных агентов [4, 5].

В организме насекомого фитопатогены вступают в сложные взаимоотношения с симбиотической микрофлорой, прежде всего с микроорганизмами пищеварительного тракта. Качественный и количественный состав нормальной микрофлоры способен влиять на выживаемость фитопатогенных агентов в организме переносчика и, в конечном счете на распространение инфекции в популяции растения-хозяина [6].

Помимо переноса фитопатогенных агентов, клопы-черепашки могут участвовать и в механическом распространении возбудителей инфекций человека и животных. Это наиболее актуально для популяций клопов, обитающих вблизи населенных пунктов, животноводческих ферм [7].

Целью настоящего исследования явилось изучение микробоценоза пищеварительного тракта клопа вредная черепашка.

Работа проводилась в июне 2009 г. Клопы были собраны с листьев пшеницы рода *Triticum* на полях ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии (г. Саратов). Видовая принадлежность насекомых была определена кандидатом сельскохозяйственных наук, старшим научным сотрудником лаборатории селекции твердой пшеницы ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии С.Н. Гапоновым.

Перед бактериологическим посевом клопов усыпляли эфиром, обрабатывали в 96% этаноле в течение 5 мин. для уничтожения микроорганизмов, обитающих на внешних покровах, затем дважды промывали в стерильном физиологическом растворе.

Каждая особь исследовалась индивидуально. Насекомое вскрывали в стерильных условиях, вычленили пищеварительный тракт, который растирали в ступке с 0.5 мл физиологического раствора. Средняя масса исследуемого органа составляла 0.05 г, таким образом, получали разведение 1:10. По 0.1 мл полученной суспензии засеивали на ГРМ-агар, картофельную и капустную среды. Посевы инкубировали при температуре 28°C в течение 2-х суток.

Для идентификации выделенных культур проводили изучение их морфологических, культуральных, биохимических свойств. Видовую принадлежность устанавливали по определителю бактерий Берджи [8] и определителю «Санитарно-значимые микроорганизмы» [9].

В результате проведенных исследований из пищевари-

тельного тракта клопа вредная черепашка выделено 10 видов бактерий 8 родов. Лишь два рода (*Micrococcus* и *Providencia*) были представлены двумя видами, остальные же включали единичных представителей (табл.).

#### Микробоценоз пищеварительных трактов клопа вредная черепашка

Виды	Среда выделения	Количественные показатели, КОЕ/объем органа	Индекс встречаемости, %
<b>Грамположительные споровые палочки:</b> <i>Bacillus badius</i>	КАП, КС	10 <sup>2</sup>	10
<b>Грамположительные кокки:</b> <i>Micrococcus agilis</i>	ГРМ-агар	10 <sup>3</sup>	10
<i>M. sedentarius</i>	ГРМ-агар	10 <sup>2</sup>	10
<i>Planococcus citreus</i>	ГРМ-агар	10 <sup>3</sup>	10
<b>Грамтрицательные палочки:</b> <i>Deleya marina</i>	ГРМ-агар	10 <sup>6</sup>	10
<i>Erwinia cacticida</i>	ГРМ-агар, КС	10 <sup>6</sup>	50
<i>Providencia alcalifaciens</i>	ГРМ-агар, КС	10 <sup>6</sup>	80
<i>P. stuartii</i>	КС	10 <sup>6</sup>	80
<i>Edwardsiella tarda</i>	ГРМ-агар, КС	10 <sup>6</sup>	10
<i>Pragia fontium</i>	КС	10 <sup>6</sup>	10

Доминирующей морфологической группой оказались грамтрицательные палочки (рис.).



Соотношение бактерий различных морфологических групп в микробоценозе пищеварительных трактов клопа вредная черепашка.

Наиболее часто из пищеварительных трактов клопов-черепашек выделялись *Providencia alcalifaciens* и *P. stuartii* (индексы встречаемости для обоих видов составили 80%), численность бактерий этих видов в пищеварительных трактах была очень высокой (10<sup>6</sup> КОЕ на объем органа). Из 50% исследованных особей выделялся *Erwinia cacticida*, который имел столь же высокие (10<sup>6</sup>) количественные показатели. Полученные данные позволяют отнести *Providencia alcalifaciens*, *P. stuartii* и *Erwinia cacticida* к автохтонной микрофлоре пищеварительного тракта клопа-черепашки. Именно эти виды, вероятно, оказывают наиболее существенное влияние как на организм насекомого, так и на другие микроорганизмы, попадающие в эту своеобразную экологическую нишу. Выделение *Erwinia* является законо-

мерным, так как бактерии этого рода ассоциированы с растениями как патогенные организмы, сапрофиты или компоненты эпифитной микрофлоры. Микроорганизмы рода *Providencia*, по данным литературы, являются патогенными для человека и выделяются при желудочно-кишечных расстройствах, инфекция мочевых путей, из ран и ожогов [8]. Наши исследования показывают, что представители этого рода могут успешно существовать и в условиях организма пойкилотермных животных. Остальные виды бактерий удавалось изолировать лишь из единичных особей клопов, что свидетельствует об их принадлежности к аллохтонной микрофлоре пищеварительных трактов. В соответствии с данными литературы, указанные микроорганизмы являются типичными обитателями окружающей среды.

Интересно, что виды, которые явно не являлись обычными обитателями пищеварительных трактов клопа (индекс встречаемости лишь 10%), зачастую имели очень высокие количественные показатели в организме насекомого. Так, *Deleya marina*, *Edwardsiella tarda*, *Pragia fontium* встречались лишь в единичных особях, но при этом их численность составляла 10<sup>6</sup> КОЕ на объем органа. Это свидетельствует о том, что в пищеварительном тракте клопов могут успешно размножаться не только узкоспециализированные симбионты, но и любые другие микроорганизмы (в том числе и фитопатогенные), способные адаптироваться к обитанию во внутренней среде насекомого.

Таким образом, пищеварительный тракт клопов-черепашек является своеобразной экологической нишей, которую могут использовать самые разнообразные группы микроорганизмов.

#### Литература

1. Бей-Биенко Г.Я. Общая энтомология: Учебник. – СПб., 2008. – 486 с.
2. Вошедский Н.Н., Сорокин Н.С., Махоткин А.Г. и др. Вредители и болезни полевых культур в Ростовской области / Под ред. Н.Н. Вошедского. – Ростов-на-Дону, 2005. – 188 с.
3. Пересыпкин В.Ф. Сельскохозяйственная фитопатология. – М., 1974. – 500 с.
4. Росс Г., Росс Ч., Росс Д. Энтомология. – М., 1985. – 572 с.
5. Бондаренко Н.В., Поспелов С.М., Персов М.П. Общая и сельскохозяйственная энтомология. – Ленинград, 1991. – 416 с.
6. Noda H., Miyoshi T., Koizumi Y. In vitro cultivation of Wolbachia in insect and mammalian cell lines // In Vitro Cell Dev. Biol. Anim. 2002. Vol. 38. P. 423 – 427.
7. Поздеев О.К. Медицинская микробиология / Под ред. В.И. Покровского. – М., 2001. – 768 с.
8. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. / Под ред. Дж. Хоулта и др. – М.: Мир, 1997.
9. Пивоваров Ю.П., Королик В.В. Санитарно-значимые микроорганизмы. – М., 2000. – 268 с.

УДК 633. 632

## Типы устойчивости растений к насекомым и стоимость устойчивости

## Types of Plant Resistance to Insects and Cost of Resistance

**В.А. КРУПНОВ,**  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока  
РАСХН, г. Саратов  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

**V.A. KRUPNOV,**  
Agricultural Research Institute of  
South-East Region, Saratov, Russia,  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

*Рассматривается современная классификация основных типов устойчивости к вредителям и методы их определения. Показано значение изучения стоимости устойчивости растений к насекомым.*

**Ключевые слова:** насекомые, устойчивость растений, типы самозащиты, непрямая устойчивость, цена устойчивости.

*Modern classification of basic types of plant defense against pests and methods of their definition are considered. The importance of study of cost of resistance to pests is shown.*

**Key words:** insects, plant resistance, types of defenses, indirect resistance, cost of resistance.

Обеднение генетического разнообразия по устойчивости к биострессорам в процессе одомашнивания растений, переход на монокультуру и низкий уровень устойчивости к биострессорам у возделываемых сортов, возрастание климатических флуктуаций, вплоть до катастрофических, как, например, в 2010 году – все это в комплексе с современными технологиями земледелия способствует массовому размножению различных вредителей и возбудителей болезней и вынуждает фермеров непрерывно расширять использование пестицидов, иначе потери в урожае продукции могут достигать 20-30% и более. Все это в конечном итоге удорожает производство, ведет к загрязнению целевой продукции растениеводства и окружающей среды. Как показал XX век, по мере увеличения масштабов химической защиты посевов в популяциях вредителей появляются генотипы, устойчивые к этим препаратам, что вынуждает создавать и внедрять новые пестициды.

Одним из экологически безопасных и экономически выгодных путей управления численностью биострессоров является генетическая защита растений. Успех в создании устойчивых сортов в огромной мере зависит от познания механизмов самообороны растений от этих стрессоров, выявление генов, локусов (QTLs, quantitative trait loci) и генетических систем, контролирующих устойчивость к вредителям и возбудителям болезней.

За последние десятилетия значительно расширены представления об уровнях иммунитета растений к вредителям и стоимости устойчивости к биострессорам. Как и против возбудителей болезней [1], в процессе миллионов лет совместной эволюции (коэволюции) растений и фитофагов у растений сформировались две системы защиты или обороны от вредителей – конститутивная (то есть существующая независимо от того, фитофаг нападет на растение или не нападет) и индуцированная, развертывающаяся только в ответ на нападение агрессора. В процессе роста, развития и взаимодействия с внешней средой растение распознает всех

абиотических и биотических стрессоров и соответствующим образом согласованно реагирует на каждого из них, с использованием соответствующей регуляторной системы. При этом, кроме прямой защиты от вредителей, растения используют также различные механизмы непрямого оборонения, в частности, привлекают естественных врагов – хищников, паразитоидов.

Все это крайне затрудняет изучение типов и механизмов устойчивости растений к вредителям [2, 3, 4], а также «стоимость или цену» устойчивости, что крайне важно как для науки, так и для практики. Известно несколько классификаций систем иммунитета и типов устойчивости растений к беспозвоночным вредителям (насекомые, нематоды, клещи и др.), в защите от которых уже используется селекция или намечаются подходы к ее применению.

В практической селекции обычно условно различают следующие типы (механизмы, категории) устойчивости растений к насекомым: а) антиксеноз, б) антибиоз, в) выносливость (толерантность) и г) уход от вредителя (избежание) (табл.).

### Типы устойчивости растений к насекомым

Тип	Признаки
Устойчивость прямая	
Антиксеноз:	Вредитель предпочитает кормиться на неустойчивых, не защищенных (привлекательных) растениях-хозяинах
а) морфологический	Архитектоника растений, окраска, форма, опушение, колючки, восковой налет и другие признаки, не привлекательные для вредителя
б) химический	Наличие и /или выделение атакованным растением дегергентов веществ, отпугивающих вредителя
Антибиоз:	Неблагоприятное влияние на вредителя различных морфологических, анатомических признаков, химических соединений и белков
а) морфологический	Опушение, анатомические особенности, восковой налет и другие признаки
б) химический	Вторичные метаболиты (терпеноиды, фенолы, флавоноиды, фенольные соединения, алкалоиды ингибиторы протеиназ и многие др.)
Выносливость (толерантность)	Относительно небольшое снижение урожая у поврежденных растений, по сравнению с контрольными, при отсутствии вредителя
Устойчивость непрямая	
Летучие вещества	Выделение атакованным (раненым) растением различных летучих веществ, которые привлекают хищников и /или паразитов для этого вредителя
Избежание	Критические фазы роста и развития растений не совпадают с массовым размножением или нашествием вредителя

Как видно из табл., антибиоз, антиксеноз и выносливость характеризуют прямую, непосредственную самоза-

циту растений от вредителей. Между тем *избежание*, в строгом смысле, представляет собой «выгораживание» растений от вредителей, а не активную оборону от них. Типичным примером непрямой устойчивости является выделение атакованными, ранеными растениями летучих веществ, которые, возможно, в ряде случаев в сочетании с выделениями вредных насекомых привлекают к последним (вредителям) их естественных врагов – хищников и паразитов (паразитоидов).

#### Уход от вредителя (избежание)

Как уже отмечалось, *избежание* – это не тип устойчивости, а способ «изоляции» растений от массовой атаки фитофага. Если массовое размножение или нашествие вредителя приурочено к определенному периоду времени года и известно, в какие фазы возделываемая культура сильнее страдает от этого вредителя, то путем селекции можно создать сорт, у которого критические фазы не будут совпадать с эпидемией паразита. Селекционеры располагают большим арсеналом генов для управления как длиной вегетационного периода, так и продолжительностью отдельных его этапов. Следует заметить, что стратегия «избежания» вредителя должна быть в центре внимания не только селекционера, но также технолога (чередование культур, маневрирование сроком сева и другие приемы), разумеется, все эти приемы не должны препятствовать решению главной задачи – экологически безопасное и экономически выгодное производство целевой продукции.

#### Антиксеноз

*Антиксеноз* (отсутствие предпочтения, неприемлемость, «негостеприимство») – вредитель не склонен оставаться для кормления или размножения на растениях-хозяевах. Механизмы антиксеноза – с одной стороны, морфологические признаки (архитектоника растений, опушение листьев, стеблей и плодов, колючки, восковой налет, окраска, форма и т. д.), с другой – различные химические соединения, отпугивающие или отталкивающие вредителя. По мнению Г. Э. Рассела [3] (1982, с. 288), термин «неприемлемость» более точен, чем «отсутствие предпочтения», так как в большинстве случаев насекомые не будут использовать устойчивое растение-хозяина, обладающее этим типом устойчивости, даже если не будет иного источника пищи. Для более надежного выявления сортов или линий, обладающих антиксенозом, эксперименты проводят с таким расчетом, чтобы вредитель мог выбирать хозяина («choice test – тест выбора»). В таком эксперименте все сорта и линии (генотипы хозяина) размещаются рандомизированно (случайно), в трех-четырёх кратной повторности и вредителю предоставляется свобода к перемещению с одного сорта (линии) на другие. В течение эксперимента неоднократно учитывают заселение и повреждение вредителем генотипов хозяина, полученные данные подвергают статистической обработке. Подтверждение этих результатов в повторных экспериментах позволяет выявить образцы устойчивые к вредителю. Однако результаты этого эксперимента еще не означают, что данные образцы обладают только антиксенозом. Чтобы сделать такое заключение, необходим тест на антибиоз, «nonchoice test» [5].

#### Антибиоз

Антибиоз – неблагоприятное влияние растения-хозяина на вредителя. Основные симптомы: гибель фитофага, снижение темпов роста и плодовитости, морфологические изменения, ненормальное поведение. В селекции многих видов растений антибиоз является эффективным средством защиты растений.

Основные механизмы антибиоза – а) морфологические и анатомические особенности и б) химические соединения. К первой группе относятся: а) опушение (трихомы, простые и железистые) на листьях, стеблях, б) анатомические особенности, например, «выполненность» стебля у пшеницы, панцирный слой в семянках подсолнечника, в) восковой налет на растениях, г) плотность листовой обертки початка кукурузы и другие. Ко второй группе относятся химические соединения: а) токсичные или «пестицидные» и б) отпугивающие.

Одни из морфологических и анатомических особенностей, например, восковой налет, играют второстепенную роль в защите, тогда как роль других, например, выполненность соломины у пшеницы против стеблевых пилильщиков или панцирного слоя в семянках подсолнечника против подсолнечниковой огневки – решающая, долговременная. К сожалению, арсенал таких высоко эффективных морфологических признаков крайне ограничен. Поэтому приходится обращаться к арсеналу химических соединений.

В природе в защите от насекомых, нематод, клещей, пауков и других вредителей растения используют такие вторичные метаболиты (secondary metabolites, chemistry), как терпеноиды, фенолы, флавоноиды, глюкозилазы, алкалоиды, ингибиторы протеиназ и многие другие вещества, неблагоприятные или вредные для насекомого, атакующего растения.

*Ингибиторы протеиназ.* Ингибиторы протеиназ представляют собой один из наиболее хорошо изученных механизмов прямой защиты растений от паразитов. Впервые это было обнаружено у представителей пасленовых. Ингибиторы проявляют свой эффект в семенах, клубнях и вегетативных тканях после ранений. Наносимые повреждения усиливают устойчивость растений путем подавления протеолитических ферментов (трипсина и химотрипсина) у атакующего насекомого. Эффективность ингибиторов протеиназ в защите растений зависит от их родства и специфичности (по отношению к атакующему насекомому) и способности насекомого изменять профиль и экспрессию протеиназ. Поэтому для генно-инженерной селекции растений особый интерес представляют такие ингибиторы, которые высоко эффективны против обоих типов протеиназ у насекомых. Очевидно, чтобы полнее и эффективнее управлять численностью вредителя, названный механизм прямой защиты растений необходимо дополнять другими. Монофаги могут быстрее преодолеть химическую защиту, чем полифаги, которые менее чувствительны к этому типу обороны. Для одновременной обороны от всех стрессоров необходима согласованная сигнализация, при этом, по-видимому, не исключены случаи «сталкивания интересов».

Антибиоз может проявляться уже во время откладки яиц. Кроме прямого отклика на вредителя, реакция на него может быть непрямой. Так, в ряде случаев реакция растений на отложение яиц выражается в выделении летучих веществ, привлекающих паразитоидов, например, на растениях фасоли (*Phaseolus vulgaris*), брюссельской капусты (*Brassica oleracea gemmifera*).

Учитывая, что антибиоз может сочетаться с антиксенозом, предложен следующий метод их разграничения [6]. Все образцы, которые в первом эксперименте («choice test» – тест выбора) были «отвергнуты» вредителем, включают в опыт, в котором каждый из них принудительно заселяется вредителем «nonchoice test – тест принуждения». Исследование проводится в контролируемых условиях, с использованием изоляторов и/или садков, то есть вредитель не имеет возможности перемещаться с одного сорта на другой, желательно, чтобы он был представлен не популяцией, а биотипом или клоном. В этом эксперименте учи-

тывают у вредителя такие признаки, как гибель, нарушения в росте и развитии, снижение массы, снижение плодовитости и другие. По результатам этих оценок обычно решают, какие сорта обладают антибиозом, а какие – антиксенозом.

Однако такие заключения не всегда корректны, так как антибиоз может сопровождаться антиксенозом. Например, об этом свидетельствуют результаты изучения реакции на синезеленую люцерновую тлю, *Acyrtosiphon kondoi* Shinji растений такого модельного объекта, как люцерна (*Medicago truncatula* Gart.) Устойчивость растений к этому насекомому (*Acyrtosiphon kondoi*) у люцерны контролируется одним доминантным геном AKR. В лабораторных условиях, примерно через 3-4 часа после заселения вредителем, у атакованных растений «включается» антиксеноз и тля перебирается на неустойчивые растения (без AKR-гена). Однако если тля лишена выбора и ранит устойчивые растения (AKR-генотип), у них во флоеме (из которой тля высасывает сок) индуцируется специфическая защита по типу антибиоза. Важно отметить, что в данном эксперименте механизм устойчивости люцерны к тле проявлялся только на уровне целого растения [6]. Весьма интересно то, что AKR-ген относится к классу NBS-LRR, а представители этого класса генов весьма часто защищают растения также от многих возбудителей заболеваний.

Не менее интересен пример устойчивости пшеницы к хлебному жуку-листоеду (*Lema melanopus* L.) и его личинке-пьявице [7]. Здесь отметим лишь следующее. Если есть возможность выбора (опушенные и неопушенные листья), жук откладывает яйца на неопушенные листья (проявляется антиксеноз), если же такой возможности нет, то жук откладывает яйца на листья опушенные, однако на них отрождающиеся личинки, как правило, погибают, по-видимому, из-за сухости и других причин (проявляется механизм антибиоза). Таким образом, в основах антиксеноза и антибиоза могут быть разные механизмы, индуцированные и/или «конститутивные» вещества и/или признаки у растений. Как антиксеноз, так и антибиоз дифференцируют популяции вредителей на биотипы или расы [4]. Устойчивость к вредителям может быть как краткосрочной, так и долговременной.

В подавляющем большинстве случаев устойчивость наследуется количественно, с постепенным, едва уловимым переходом к восприимчивости, что крайне затрудняет как классический генетический анализ, так и идентификацию и локализацию локусов, контролирующей устойчивость.

Наиболее четко это проявляется во взаимоотношениях растений с флоэм-питающими насекомыми (различные виды тли, галлицы), нематодами, клещами. С другими вредителями взаимоотношения растений более сложные, причем в этих взаимоотношениях нередко участвуют и другие организмы - хищники, паразиты (паразитоиды), энтомопатогены. Реакция сверхчувствительности на отложение яиц наблюдается не всегда. В процессе взаимодействия всходов пшеницы с личинками гессенской мухи отсутствует классический кислородный взрыв.

В отличие от грызущих насекомых, насекомые, сосущие из флоемы (Phloem-feeding insects), причиняют тканям растения (*Arabidopsis thaliana*) минимальные повреждения, так как для проникновения в проводящую ткань используют стилет и по своим взаимоотношениям с растениями они сходны с биотрофными патогенами, вызывая реакцию сверхчувствительности [1].

**Опушение (Трихомы)** – выросты эпидермы (волосок, щетинка, чешуйка и т. д.) формируются на самых различных органах и частях растений. В зависимости от степени развития (форма, длина, густота стояния и т. д.) и функций различают не менее трех типов трихом: а) простые трихо-

мы, б) железистые трихомы и в) гидатоды. Трихомы простые могут формироваться на органах растений по мере прохождения этапов (стадий) развития органов, некоторые из них стареют и опадают, другие сохраняются до созревания растения. У многих видов растений трихомы играют важную роль в адаптации растений к окружающей среде [7]. Простые и железистые трихомы участвуют в регулировании температуры, увеличивают отражение света, в том числе ультрафиолетовых лучей, влияют на сокращение потерь воды через испарение, адсорбцию воды и питательных веществ и т. д. Простые и железистые трихомы, как уже отмечалось, значительно влияют на некоторых вредителей непосредственно, затрудняют их передвижение; некоторые железистые трихомы отпугивают или иммобилизуют насекомых. В защите пшеницы от жука-листоеда (пьявица) важно учитывать не только длину, но и густоту стояния трихом [7]. И хотя возможности использования трихом в селекции на устойчивость к паразитам ограниченные, вряд ли следует пренебрегать этим механизмом защиты растений.

**Восковой налет.** В разной степени он покрывает все растение. Фитофаги, чтобы питаться, должны прикрепиться к растению. В данном случае восковой налет может выступать в качестве механизма защиты от фитофага, затрудняя его прикрепление. Однако восковой налет может аналогичную роль играть и во взаимодействии с хищниками и паразитами насекомых-фитофагов. Известно также, что некоторые виды фитофагов предпочитают растения, характеризующиеся высокой степенью воскового налета. Поэтому выяснение механизмов прикрепления насекомых к растениям имеет не только научное, но и практическое значение для управления численностью фитофагов, их хищников и паразитов.

**Использование чужеродных генов.** В связи с тем, что в генофонде культурных растений и их сородичей крайне мало эффективных генов против насекомых, широкое распространение получает использование генов от других видов, прежде всего от сородичей, а посредством генной инженерии и от неродственных организмов, например, Vt-гена от бактерии *Bacillus thuringiensis*. Однако, как показывает опыт выращивания трансгенных культур, и к белку-эндотоксину Vt-гена насекомые «вырабатывают» устойчивость, то есть и в данном случае «гонка вооружений» продолжается.

### Выносливость

**Выносливость (толерантность)** – это способность растений, несмотря на наносимые вредителем повреждения, давать урожай близкий к тому, который получают при отсутствии вредителя. Различают высокую, среднюю и слабую выносливость. Предполагается, что в отличие от антиксеноза и антибиоза, выносливость/толерантность не влияет отрицательно на вредителя, состав его популяции и не снижает темпы его размножения; однако в доступной литературе нам не удалось найти информации по этому вопросу. Для выявления выносливости используют два фона: 1) присутствие вредителя и 2) отсутствие вредителя, на которых о степени выносливости судят по продуктивности генотипа на первом фоне. При этом обязательны: рендомизация полянок посева и статистический анализ получаемых данных эксперимента. Очевидно, наиболее объективно это можно сделать только на ценозах в полевых посевах, при одной и той же технологии выращивания сорта (линии, гибрида) и при отсутствии других механизмов устойчивости к паразиту.

Как ни парадоксально, но сведения о механизмах выносливости крайне скудные. Предполагается, что в основе этого явления может быть индуцирование вредителем у расте-

ния мобилизации первичных метаболитов для восполнения потерь, наносимых агрессором, то есть первичных метаболитов хватает не только на «кормление» вредителя, но также на производство урожая семян или другой продукции. Выяснение молекулярных основ выносливости весьма актуально, так как трудно найти программу селекции на устойчивость к любому агрессору, в которой сознательно или бессознательно не использовалась бы выносливость, особенно в селекции так называемых «экстенсивных» сортов, то есть сортов для менее затратного растениеводства.

### Генетика устойчивости

К сожалению, в нашей стране исследования по генетике устойчивости еще не получили развития. Между тем как для науки, так и для практической селекции на устойчивость к вредителям важно знать число генов/локусов (QTL), детерминирующих этот признак, характер их экспрессии, идентифицировать и локализовать гены/локусы в хромосомах. Выяснение этих вопросов зависит, с одной стороны, от подбора генотипов растений (для получения гибридов), с другой – от подбора генотипов вредителя (популяции или биотипы), которые используются для изучения устойчивости к ним растений. При этом для разграничения типов устойчивости (антиксеноз, антибиоз, толерантность) особенно полезны наборы почти изогенных линий [8]. В одних условиях достаточно иметь одну популяцию вредителя, которая четко дифференцирует растения на классы (группы) устойчивых и неустойчивых. В других случаях, когда уже известны некоторые биотипы вредителя и гены устойчивости к ним, для гибридологического анализа используют не только разные популяции, но и отдельные биотипы или расы вредителя.

К настоящему времени на многих видах растений созданы наборы сортов-дифференциаторов и/или моногенных линий, содержащих идентифицированные гены устойчивости к вредителю; опубликованы банки данных о наличии в сортах и селекционных линиях различных генов/локусов устойчивости (и молекулярных маркеров к ним) и реакции этих генотипов на популяции вредителей в различных регионах возделывания. Все это открывает возможности для объединения в одном генотипе генов/локусов, контролирующих антибиоз, антиксеноз и толерантность (8).

### Цена устойчивости

Публикаций по проблеме «цены» разных типов устойчивости растений к биострессорам крайне мало, хотя эта проблема, несомненно, имеет не только научное, но и огромное практическое значение [9]. Например, у современных сортов пшеницы соломина трубчатая, что создает идеальные условия для массового размножения стеблевых хлебных пилильщиков (*Cephus rugmaeus* L. и др.). Между тем известно, что от этих очень опасных вредителей пшеницу надежно защищает выполненность соломины, контролируемая SST-геном, локализованным на хромосоме 3B [10]. Спрашивается, почему же у многих современных сортов мягкой пшеницы этот ген отсутствует? На почти изогенных линиях показано, что за заполнение в соломине сердцевин пшеница «расплавляется» снижением высоты растений, диаметра соломины, массы 1000 семян, а у некоторых генотипов – и урожая зерна [9].

Еще один пример. Изучение на трех генно-инженерных (трансгенных) линиях риса (*Oryza sativa* L.) эффектов трех генов (Bt, CrPI, и Bt/CrPI), контролирующих устойчивость к вредителям (*Scirpophaga incertulas*; *Chilo suppressalis*; *Sesamia inferen*; *Snaphalocrocis medinalis*), показало следующее. В поле, в условиях низкого давления со стороны вредителей, все три трансгенные линии риса, содержащие

гены Bt, CrPI, и Bt/CrPI, значимо уступили контрольным, почти изогенным линиям, не имеющим чужеродных генов, по таким признакам, как продуктивная кустистость и количество семян. Между тем в условиях сильного давления со стороны целевых насекомых, ГИ-линии были значимо продуктивнее контрольных линий [11]. Исследования на генно-инженерных линиях арабидопсиса убедительно свидетельствуют, что распознавание врагов (биострессоров) и развертывание реакций самозащиты от них связано с мобилизацией энергии, метаболитов, расходом ресурсов, то есть все это имеет определенную стоимость для адаптации [12].

Эти и многие другие примеры убедительно объясняют, почему человек за 10 тысяч лет одомашнивания «освободил» растения от многих генов устойчивости к биострессорам, сделав их неспособными к выживанию в «дикой» природе, вне энергоемких агрономических технологий, с все возрастающим использованием пестицидов и все более загрязняющую получаемую продукцию и окружающую среду.

Наметившийся в последние годы переход на новые, менее энергоемкие технологии обработки почвы, вплоть до исключения отвальной вспашки, насыщение севооборотов зерновыми культурами, одновременное возделывание в одном севообороте озимой и яровой пшеницы, потепление климата и другие факторы обостряют фитосанитарную обстановку не только по возбудителям болезней (фузариоз, корневые гнили, вирусы и др.), но также и по вредителям. Поясним это на примере возрастания угрозы со стороны уже упоминавшихся стеблевых хлебных пилильщиков, откладывающих яйца в «пенек» – прикорневую часть стебля. Взрослые личинки зимуют в этих пенках. Если эти пенки запахнуть глубоко – то личинки погибнут. Если оставить на поверхности, то весной личинки окукливаются и в конце мая – начале июня начинается вылет взрослых насекомых, который продолжается более двух недель [13]. Для уничтожения этих вылетающих насекомых однократного опрыскивания посева инсектицидом недостаточно. К тому же опрыскивать посевы дорогостоящими пестицидами не каждый фермер решится, особенно при уровне урожая не выше 1,0–1,5 т/га.

К сожалению, в нашей стране государственная поддержка селекции все более сокращается, еле теплятся поисковые и прикладные исследования, особенно по генетике устойчивости к вредителям. Между тем в развитых странах вкладываются немалые средства не только в классическую генетику, но также в геномику, биоинформатику и другие области молекулярной биологии для познания взаимоотношений «растение-животное» и их коэволюции. Непрерывно пополняются списки идентифицированных и локализованных в хромосомах генов и QTL-локусов количественной устойчивости к вредителям, с указанием соответствующих молекулярных маркеров. Это позволяет не только изучать функции генов, детерминирующих различные типы устойчивости к вредителям, но также с помощью молекулярных маркеров более эффективно вести селекцию на устойчивость к биострессорам.

### Заключение

Во взаимоотношениях «растение-животное», как и во взаимоотношениях «растение-патоген», наблюдается сопряженная эволюция растения-хозяина и паразита. Как только на фермерских полях появляются сорта с новыми генами устойчивости к вредителям, последние, как и возбудители болезней, вступают в «гонку вооружений», и, в зависимости от сложности «секрета замка гена», они подбирают «ключи» к нему либо относительно быстро (в течение не-



скольких лет), либо этот процесс продолжается не один десяток лет. Одна из важнейших задач селекции – это создание сортов и гибридов с долговременной эффективной устойчивостью к вредителям.

### Литература

1. Крупнов В.А. Типы устойчивости растений к паразитам. Зональные особенности научного обеспечения сельскохозяйственного производства. – Саратов, 2009. – ч. 1. – С. 72–77.
2. Пайнтер Р. Устойчивость растений к насекомым. М.: Изд-во ин. лит, 1953. – 442 с.
3. Рассел Г.Э. Селекция растений на устойчивость к вредителям и болезням. – М.: Колос, 1982. – 421 с.
4. Радченко Е.Е. Генетика устойчивости растений к вредителям. Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб. ВИР, 2005. – С. 471–495.
5. Hill C.B., Li Y., Hartman G.L. Resistance to the soybean aphid in soybean germplasm // *Crop Science*. 2004. V. 44. P. 98–106.
6. Klingler J., Creasy R., Gao L., Nair R.M., Calix A.S., Jacob H.S., Edwards O.R., Singh K.B. Aphid resistance in *Medicago truncatula* involves antixenosis and phloem-specific, inducible antibiosis, and maps to a single locus flanked by NBS-LRR resistance gene analogs // *Plant physiology*. 2005. V. 137. P. 1445–1455.

7. Цапайкин А.П., Крупнов В.А. Опушение листьев пшеницы: генетические и экологические аспекты (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. – 1990. – № 1. – С. 51–57.
8. Gao L., Klingler J., Anderson J.P., Edwards O.R., Singh K.B. Characterization of Pea Aphid Resistance in *Medicago truncatula*. *Plant Physiology*. 2008. 146:996–1009.
9. Касатов В.И., Крупнов В.А. Выполненность соломины и продуктивность яровой мягкой пшеницы // Докл. ВАСХНИЛ. 1983. – № 3. – С. 10–12.
10. Воронина С.А., Часовникова Г.И. Моносомный анализ выполненности соломины у яровой мягкой пшеницы. Генетика, физиология и селекция зерновых культур на Юго-Востоке. – Саратов, 1987. – С. 5–14.
11. Chen L-Y., Snow A. A., Wang F., Lu B-R. Effects of Schwachtje J., Baldwin transgenes on fecundity in rice (*Oryza sativa*, Poaceae): a test for underlying costs // *American Journal of Botany*. 2006. V. 93. P. 94–101.
12. Cipollini D. 2007. Consequences of the overproduction of methyl jasmonate on seed production, tolerance to defoliation and competitive effect and response of *Arabidopsis thaliana*. *New Phytologist*. V. 173. P. 146–153.
13. Гриванов К. П., Захаров Л. З. Вредители полевых культур. Саратовское книжное изд-во. Саратов, 1958. – 236 с.

УДК 633.111 «321»: 575.222.73

## Скрининг набора интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы на наличие чужеродных транслокаций и замещений хромосом пшеницы

## Screening of Spring Bread Wheat Introgression Lines for Detection of Alien Translocations and Wheat Chromosomes` Substitution

С.Н. СИБИКЕЕВ, В.М. ПАНИН,  
И.Ю. ФАДЕЕВА, А.Е. ДРУЖИН,  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН,  
г. Саратов  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

S.N. SIBIKEEV, V.M. PANIN,  
I.YU. FADEYEVA, A.E. DRUZHIN  
Agricultural Research Institute of the  
South-East Regions of Russia, Saratov  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

На наборе оригинальных интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы, полученных в лаборатории генетики и цитологии ГНУ НИИСХ Юго-Востока, методами электрофоретического анализа запасных белков зерна в различных модификациях проведен скрининг на наличие интрогрессивного генетического материала. Выявлен ряд линий с транслокацией 1RS-1BL, обнаружены маркеры для переносов от *Aegilops squarrosa* и наличия или отсутствия 6Ag<sup>i</sup> хромосомы от *Aegilops intermedium*, которая заместила 6D хромосому мягкой пшеницы. Показана эффективность электрофорети-

ческого анализа запасных белков для массового скрининга селекционного материала мягкой пшеницы на наличие чужеродного материала.

**Ключевые слова:** яровая мягкая пшеница, интрогрессивные линии, электрофоретический анализ запасных белков, идентификация чужеродной генетической изменчивости, массовый скрининг.

In the laboratory of genetics and cytology of Agricultural Research Institute of South-East Region the screening of the set of spring bread wheat original introgression lines for detection

of introgressive genetic material by methods of electrophoretic analysis of grain storage proteins in various modifications was carried out. The lines with the 1RS-1BL translocation are revealed. Markers for transfers from *Aegilops squarrosa* and occurrence or absence 6Ag1 chromosome from *Agropyron intermedium* which has substituted 6D chromosome of bread wheat are found. The efficiency of the method of electrophoretic analysis of storage proteins for mass screening of bread wheat breeding material for detection of alien material is shown.

**Key words:** spring bread wheat, introgression lines, electrophoretic analysis of storage grain proteins, identification of alien genetic variability, mass screening.

Интенсивная селекция мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L. em. Thell) на повышение продуктивности привела к значительному обеднению ее генофонда и в первую очередь по гену устойчивости к болезням и вредителям. Восприимчивые к болезням сорта мягкой пшеницы в годы эпифитотий имеют значительные потери в урожае зерна и снижают его качество. В этой связи одной из задач селекции мягкой пшеницы является защита от комплекса основных патогенов, в том числе от листовой, желтой и стеблевой ржавчин. В настоящее время внутривидовая генетическая изменчивость мягкой пшеницы не в состоянии обеспечить достаточно эффективную защиту от патогенов. При этом наиболее трудной решаемой проблемой является обеспечение разнообразия эффективных генов устойчивости. В связи с этим возникает проблема поиска источников генов резистентности. Наиболее перспективными в этом отношении считаются родственные виды пшениц, а также представители родов *Aegilops*, *Secale*, *Agropyron*. Однако интрогрессированная чужеродная генетическая изменчивость не всегда гарантирует ее значимость для практической селекции и для решения этих задач, необходимы цитогенетические, генетические и селекционные (пребридинговые) исследования. Одной из необходимых и важных задач при интрогрессии является идентификация чужеродной генетической изменчивости.

Для выявления состояния чужеродного хроматина в генофоне пшеницы используются четыре метода: анализ конъюгации хромосом в мейозе; дифференциальное окрашивание хромосом (С-сегментация, *in situ* —гибридизация в различных вариантах с радиоактивными метками, биотин меченная, FISH, GISH); морфологические и биохимические маркеры, тестирование на устойчивость к болезням и вредителям; определение чужеродного хроматина с помощью ДНК- маркеров: методы ПЦР, RAPD, RFLP и микросателлитного маркирования [1, 2, 3]. Однако следует отметить высокую стоимость и невысокую производительность цитогенетических и молекулярно-генетических методов, что при значительных объемах селекционного материала существенно ограничивает применение этих методов в селекционном процессе. В то же время вполне эффективными в выполнении этой задачи могут быть специально подобранные модификации электрофореза белков зерна в полиакриламидном геле, позволяющие после предварительного выявления белковых маркеров относительно быстро проводить массовые анализы селекционного материала. В частности принципиальная возможность такой идентификации 1RS-1BL транслокации по наличию глиадинового белка, кодируемого геном *Gli-R1=Sec 1*, была показана в разное время разными исследователями [4, 5, 6]. По наличию нехарак-

терных для мягкой пшеницы белков или их отсутствию возможно идентифицировать как включение определенных сегментов интрогрессивного материала, так и целых чужеродных хромосом.

Целью исследований было выявить или подтвердить у набора интрогрессивных линий наличие чужеродной генетической изменчивости. Задачами являлось:

1. Определить у ряда интрогрессивных линий наличие 1RS-1BL транслокации;
2. Выявить не характерные для сортов яровой мягкой пшеницы саратовской селекции запасные белки от *Aegilops tauschii*;
3. Определить белки - маркеры наличия или отсутствия 6Ag1 хромосомы от *Agropyron intermedium*, которая заменила 6D хромосому мягкой пшеницы.

#### Материалы и методы

Для изучения электрофоретических спектров был взят набор интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы, созданный в лаборатории генетики и цитологии ГНУ НИИСХ Юго-Востока. На присутствие секалинов, маркирующих транслокацию 1RS-1BL, были проверены образцы № 11, 12, 616, 686, 687, 692, 697, 699 и 704, родословная которых приведена в табл. 1. В качестве линий-тестеров, содержащих ω-секалина, использовали изолинию сорта Тетчер *Lr26*, сорта озимой мягкой пшеницы Кавказ и Губерния, а также сорта озимой ржи Марусенька, Иван и Рушник, выведенные отделом селекции озимых культур ГНУ НИИСХ Юго-Востока. Контролем, не имеющим этой транслокации, служили сорта Л503, Л505 и Добрыня.

Для выявления белковых маркеров D- генома *Aegilops squarrosa*. = *Aegilops tauschii* Coss., были выбраны линии яровой мягкой пшеницы, полученные с привлечением синтетиков от скрещивания сортов *T. durum* (AB-геномы) и образцов *Ae. squarrosa* (D-геном) селекции CIMM1T и несущие элементы D - генома: № 763/3, 692, 1665, 2387/1W, 2387/1w, 1742/1+2 (табл. 1). Контролем были сорта-реципиенты Л505 и Добрыня.

Другая группа образцов была использована для выявления белковых маркеров замещения 6Ag1(6D): Белянка, Фаворит, изолиния Л400R (№№ 13-15), которые содержали это замещение, и изолиния Л400S (№№ 16), сорта Л505 и Добрыня, его не содержащие.

Из различных вариаций электрофореза белков были выбраны две: электрофорез (ЭФ) суммарных белков зерна в полиакриламидном геле в присутствии додецилсульфата натрия и 2-меркаптоэтанола (ЭФ в ПАГ+ДСН+МЭ) по Лэмли и его модификацию, исключающую обработку экстракта суммарных белков 2-меркаптоэтанолом. Выбор этих методик обусловлен в первом случае максимально полным набором анализируемых белков зерна. Вторая модификация позволяет исключить глютеины и более детально рассмотреть компонентный состав глиадинов, секалинов и других низкомолекулярных белков.

Белки для электрофореза экстрагировали из отдельных зерен, по 3-5 зёрен от каждого образца. В ряде случаев, если образец оказывался гетерогенным, белки экстрагировали из половинок зёрен, для того чтобы провести ЭФ белков одного генотипа по двум методикам. В качестве маркеров молекулярных весов (МВ) использовалась стандартная смесь белков с известными МВ, выраженными в килодальтонах (kD). Полученные электрофоретические спектры (ЭФС) сканировали на сканере Epson V700 photo в проходящем свете. Идентификация аллелей глютеин-кодирующих локусов и секалин-кодирующего локуса выполнена по международной номенклатуре.

Таблица 1

**Родословная и особенности компонентного состава электрофоретического спектра суммарных белков у интрогрессивных линий лаборатории генетики и цитологии ГНУ НИИСХ Юго-Востока**

№ №	Образец	Sec1p ≈45kD	Ae.squ ≈45kD	6Ag ≈35kD	Состав аллелей Glu-A1, B1, D1
1	№11 – Lr19+Lr26	+	-	-	b, c, a
2	№12 – Lr19+Lr26	+	-	-	“-
3	№616 – Л505/3/Л503+7// Тс Lr26	+	-	-	“-
4	№686 – Добрыня+5//Mil/Pr	-	-	-	“-
5	№697 – Л505/Л164/4/Л503/TRAP*1/B??	+	-	-	“-
6	№704 – С90/Ерш32//Gen81//n2032	-	-	-	“-
7	№763/3-Л505/3/CROC/Ae.sq(224)//OPAT/4/*3 Л505	-	-?	-	“-
8	№692 – Л505*2/Croc/A.sq(224)114с	-	+	-	b, b, a
9	№1665-Л505/3/CROC/Ae.sq.(224)YACO/4/Л505	-	+	-	b, c, 10?
10	№2387/1-Добр/3/ALTAR84/Ae.sq.(224)//P60/4/*2 Добр	-	+/-	-	b, c, a
11	№912/1w-Л505/3/CROC/Ae.sq(205)//WEAVER/4/*2	-	-?	-	“-
12	№1742/1+2-Добр//CROC/Ae.sq(205)WEAVER	-	-?	-	b, c, a
13	Белянка+	-	-	+	b, c, a
14	Л400 R 6Ag(6D)	-	-	+/-	“-
15	Фаворит	-	-	+	“-
16	Л400 S 6D 6D 29/08	-	-	-	
Сорта-тестеры					
	Л503	-	-	-	b, c, a
	Л505	-	-	-	“-
	Добрыня	-	-	-	“-
	Л400	-	-	-	“-
Т	Тетчер Lr26	+	-	-	c, c, d
К	Кавказ	+	-	-	a, c, d
Г	Губерния	+	-	-	a, Glu-R1, d
Рожь					
М	Марусенька	+/-*	-	-	-
И	Иван	+/-*	-	-	-
Р	Рушник	+/-*	-	-	-

\*- кроме этого аллеля встречаются и другие аллели секалино-кодирующих генов

**Результаты исследований**

**Идентификация секалинов.** Результаты ЭФ приведены на рис. 1а и 1б и в таблице 1. Как видно из фото 1а и табл. 1, электрофоретические спектры суммарных белков образцов №№ 1, 2, 3 и 5 содержат как минимум два компонента с МВ около 40-45 kD, фенотипически сходные с ранее идентифицированными в сорте Кавказ и изолинии Тетчер Lr26 ω-секалинами, а также компонентами, встречающимися в ЭФС белков зерна многих сортов ржи.

При повторном электрофорезе без обработки белкового экстракта 2-меркаптоэтанолом, при котором разделению подвергаются лишь вошедшие в гель низкомолекулярные белки, не сцепленные S-S- связями - глиадины, секалины и альбумины (рис. 1б), более отчетливо видно фенотипическое сходство двух вышеуказанных компонентов, а так-

же просматриваются другие фенотипически сходные компоненты, образующие группу из 5-6 компонентов, контролируемых аллелем Sec 1p, ведущим свое происхождение от сорта Петкус [4].

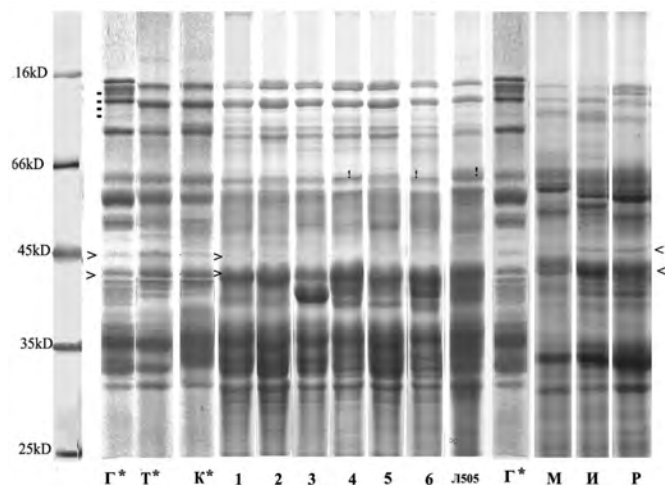


Рис. 1а. ЭФС в ПАГ+ ДС-На+2-МЭ суммарного экстракта белков зерна пшеницы и ржи (> - ω-секалины, ■ - глютелины ржи - Glu-1R)

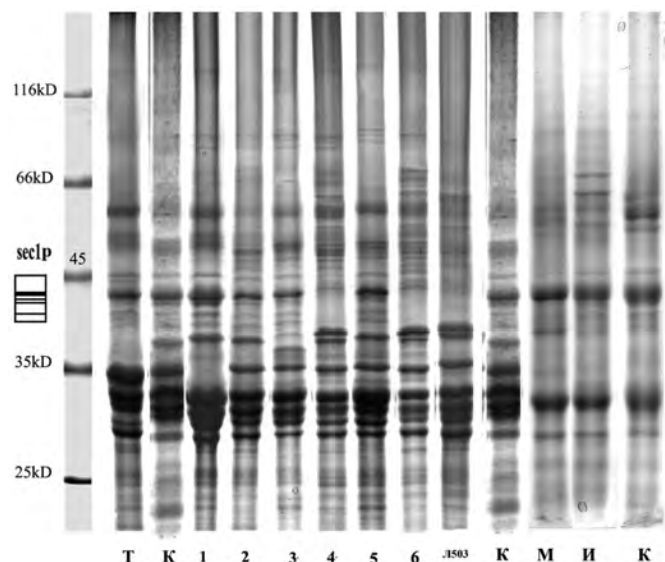


Рис. 1б. ЭФС+ДС-На низкомолекулярных белков пшеницы и ржи.

Все сорта-тестеры и образцы мягкой яровой пшеницы, имеющие устойчивость к листовой ржавчине, содержали эту группу секалинов. Таким образом, ЭФС-ДС-На с 2-МЭ, но особенно без 2-МЭ, достаточен для четкой идентификации транслокации 1RS-1BL в генотипах мягкой пшеницы. В то же время первый вариант электрофореза, идентифицирующий глютелины ржи (Glu-R1 в 1RL), позволяет выявить замещение целой хромосомы 1В на хромосому 1R, как это и было показано ранее на сорте мягкой озимой пшеницы Губерния [7] и видно на рис. 1а.

Сорта ржи, использованные в качестве тестеров секалинов, также содержат фенотипически сходные с аллелем Sec 1p группы компоненты, что указывает на широкое распространение этого аллеля в сортах ржи разного происхождения.

**Идентификация белков Ae. squarrosa.** Результаты ЭФС в ПАГ+ДС-На +2-МЭ образцов №№ 7-12 предположительно (на основе оценки устойчивости к листовой ржавчине) с рекомбинациями хромосом D генома от Ae. squarrosa от синтетиков с хромосомами сортов-реципиентов представлены на рис. 2. ЭФС показал, что образцы №№ 7, 9 и 10

имеют общую группу компонентов в той же зоне подвижности, что и  $\omega$ -секалины, но фенотипически от них отличающиеся.

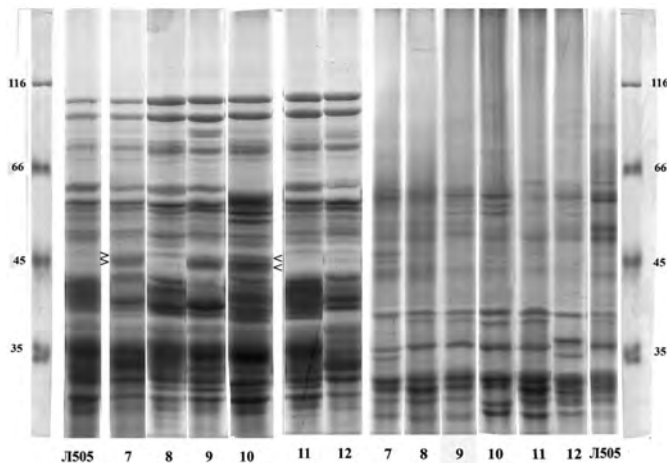


Рис 2. ЭФС зерновых белков пшеницы в ПАГ+ДС-На с и без 2-МЭ.

В отличие от  $\omega$ -секалинов при ЭФ без 2-МЭ эти общие (как минимум два) компонента на спектре не просматривались. Можно предположить, что эти белки являются низкомолекулярными глютеинами и представляют особый интерес для дальнейших исследований, так как могут быть сопряжены с качеством клейковины. Следует отметить, что образец №10 оказался гетерогенным по присутствию - отсутствию этих компонентов. Возможно, этим следует объяснить отсутствие этих маркеров в образце №8 и следует увеличить исследуемую выборку зёрен. По этой же причине, возможно, не выявлены белковые маркеры в образцах №№11 и 12.

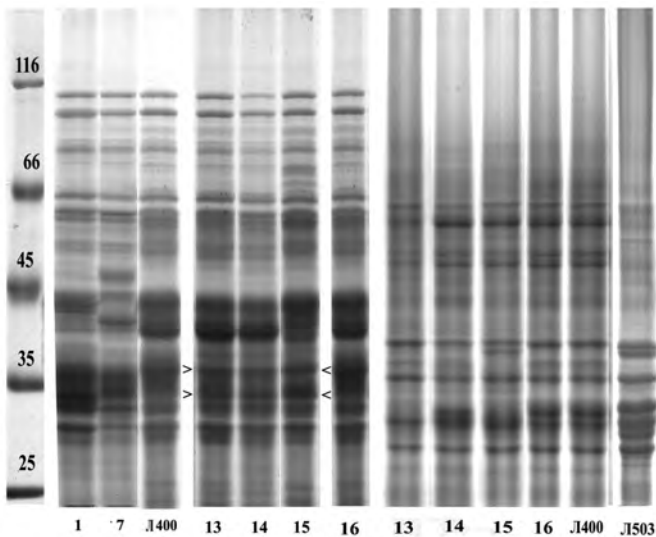


Рис 3. Электрофоретические спектры суммарных белков образцов яровой пшеницы, с хромосомой 6Ag<sup>i</sup>(6D) (13, 14, 15) и изолинии без пырейной хромосомы (16) - компоненты, контролируемые хромосомой 6Ag<sup>i</sup>.

**Идентификация белковых маркеров 6Ag<sup>i</sup>(6D) *Agropyron* в генотипах мягкой яровой пшеницы.** Сравнение ЭФС образцов №13, 14 и 15 мягкой пшеницы, содержащих замещение хромосомы 6D мягкой пшеницы на хромосому 6Ag<sup>i</sup> пырея промежуточного, выявило фенотипическое сходство компонентного состава низкомолекулярных белков с МВ 30-35kD и отсутствие их у изолинии Л4005 (№16) с нормальным составом хромосом без замещения пырейными хромосомами пшеничных (рис. 3).

Отсутствие подобного сходства в спектрах белков, полученных у этих образцов без обработки 2-МЭ (так же, как и в предыдущем случае), позволяет предположить принадлежность выявленных маркеров к белкам с S-S связями, то есть к низкомолекулярным глютеинам. Очевидно, что дальнейшие исследования в этом направлении необходимы и перспективны.

Приведенные результаты показали эффективность, информативность, высокую продуктивность, относительную простоту и невысокую стоимость использованных методик электрофореза в выявлении белковых маркеров чужеродных транслокаций и замещений хромосом при скрининге селекционного материала мягкой пшеницы.

### Литература

1. Lapitan N.L.V. Wheat – rye translocations. Detection of chromosome break – points by in situ hybridization with a biotin – labeled DNA probe / Lapitan N.L.V., Sears R.G., Rayburn A.L., Gill B.S. // *Heredity*. – 1986. – V. 77. – P. 415 – 419.
2. Heslop – Harrison J.S. Applications of molecular cytogenetics in the *Triticinae*/ Heslop – Harrison J.S. // *Biodiversity and wheat Improvement*. – 1993. – P. 31 – 38.
3. Tsunewaki K. Use of RFLP analyses for wheat germplasm evaluation / Tsunewaki K., Liu Y.G., Takumi S., Mori N., Nakamura H., Terachi T., Sirega U.J., Miyashita N. // *Biodiversity and Wheat Improvement*. – 1993. – P. 17 – 30.
4. Gupta R.B. Identification of rye chromosome 1R translocations and substitutions in hexaploid wheats using storage proteins as genetic markers / Gupta R.B., K.W. Shepherd // *Plant Breeding*. – 1992. – V. 109. – P. 130–140.
5. Moonen J.H.E. SDS-PAGE of the high-molecular weight glutenin and characterization of 1R(1B) substitution and 1BL/1RS translocation lines / Moonen J.H.E., A.C.Zeven // *Euphytica*. – 1984. – V. 33. – P. 3–8.
6. Singh N.K. Linkage mapping of genes for resistance to leaf, stem and stripe rusts and  $\omega$ -secalins on the short arm of rye chromosome 1R / N.K. Singh, K.W. Shepherd and R.A. McIntosh // *Theor. Appl. Genet.* – 1990. – V.80. – P. 609–616.
7. Panin V. M. The study of HMW glutenins and identification of the T1BL-1RS translocation in spring bread wheat lines from CIMMYT / V.M. Panin // *Annual Wheat Newsletter KSU, USA*. – 2000. – V46. – P. 116–117.

УДК 633.111 «321»:004.12

## Генетический сдвиг при отборе гибридных потомств яровой мягкой пшеницы по критериям качества зерна в условиях однородной среды

## Genetic Shift at Selection of Hybrid Posterities of Spring Soft Wheat by Criteria of Grain Quality in the Conditions of Homogeneous Environment

В.М. БЕБЯКИН,  
Н.В. КОЧЕТКОВА,  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока  
РАСХН, Саратов,  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

V.M. BEBYAKIN,  
N.V. KOCHETKOVA  
Agricultural Research Institute of  
South-East Region, Saratov,  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

В системе 4-х последовательных поколений ( $F_2, F_3, F_4, F_5$ ), выращенных в однородной среде (2007 г.), показаны генетический сдвиг (R) при разной интенсивности отбора ( $i_{30}, i_{20}, i_{10}$ ) и реализованная наследуемость ( $h^2$ ) показателя SDS-седиментации, содержания клейковины в муке и показателя ИДК-1.

**Ключевые слова:** показатель SDS-седиментации, содержание и качество клейковины, генетический сдвиг, реализованная наследуемость.

*Genetic shift (R) at different selection intensity ( $i_{30}, i_{20}, i_{10}$ ) and realized inheritance ( $h^2$ ) of SDS-sedimentation test, gluten content in flour and indicator of GDI-1 (Gluten Deformation Index) are shown in the system of 4 succeeding generations ( $F_2, F_3, F_4, F_5$ ), grown up in homogeneous environment (2007).*

**Key words:** SDS-sedimentation test, gluten content and quality, genetic shift, realized inheritance.

### Введение

Использование генетико-статистических характеристик в селекционном процессе может существенно повысить результативность отборов на качество зерна в ранних поколениях. С их помощью можно судить о генетической структуре гибридных популяций и селекционной ценности рекомендованных критериев. Они позволяют прогнозировать и эффективность отборов. В опубликованных нами работах [1-5] частично освещены результаты исследований в этой области при репродуцировании популяций в разных средах. Целью исследований, результаты которых обсуждаются в данной статье, являлось выявить генетический сдвиг (R) и реализованную наследуемость ( $h^2$ ) показателей качества зерна в системе нескольких поколений, выращенных в однородных условиях (2007 г.).

### Материал и методика

Изучению подвергались потомства  $F_2, F_3, F_4, F_5$  (отсчет поколений по растению), полученные от скрещивания Тулайковской 10 (Т10), Юго-Восточной 4 (ЮВ-4) и Фитона

4/2 (Ф4/2) с селекционной линией СФР-195-11-05 (СФР195). Гибриды и родительские формы выращивались в однородной среде (2007 г.) по схеме частых стандартов. Показатель SDS-седиментации оценивался по методике, разработанной в НИИСХ Юго-Востока [6], содержание и качество клейковины определялись по ГО-СТу. Дисперсионный анализ экспериментальных данных проводился по программе для бесповторных опытов с частыми стандартами ( $\sigma, \sigma$ ) с коррекцией их по скользящей средней. Генетический сдвиг (R) оценивали при отборе в  $F_2, F_3$  и  $F_4$  лучших потомств в количестве 10, 20 и 30% ( $i_{10}, i_{20}, i_{30}$ ). Реализованную наследуемость вычисляли по формуле:  $h^2 = R/S$ , где S – величина селекционного дифференциала.

### Результаты исследований

Анализ зерна у 328 гибридов ( $F_2, F_3, F_4, F_5$ ) и их родительских форм, сформированного в однородных условиях (2007 г.), показал, что число SDS-седиментации наследуется в основном по аддитивному типу с уклоном в сторону лучшего (Т10×СФР195) или худшего (Ф4/2×СФР195) родителя, а также по аддитивному типу с уклоном в сторону одного из них (ЮВ-4×СФР195). При скрещивании достоверно различающихся исходных форм (Т10, СФР 195) показатель SDS-седиментации варьировал в  $F_2$  от 70 до 96, в  $F_3$  от 60 до 94, в  $F_4$  от 68 до 94 и в  $F_5$  от 66 до 94 мл. При этом потомств, у которых бы показатель SDS-седиментации был достоверно выше среднего его значения ( $\bar{X}$ ) у Тулайковской 10, не выявлено. При вовлечении в скрещивания с линией СФР 195-11-05 Юго-Восточной 4, характеризующейся очень крепкой клейковиной с невысоким ее содержанием, значения седиментационной пробы в  $F_2$  и в  $F_5$  выходили за пределы максимальных значений показателя у исходных форм. В популяции Фитон 4/2×СФР 195-11-05 показатель SDS-седиментации колебался в широком диапазоне: 62-88 ( $F_2$ ), 60-86 ( $F_3$ ), 40-88 ( $F_4$ ) и 56-86 мл ( $F_5$ ). Потомств же, превосходящих по числу SDS-седиментации Фитон 4/2 ( $\sigma$ ), не зафиксировано.

Генетический сдвиг в системе поколений ( $F_3, F_4, F_5$ ) при отборе в  $F_2$  потомств с максимальной выраженностью показателя SDS-седиментации изменяется от положительных до отрицательных значений (табл. 1). Устойчивого сдвига при отборе в трех поколениях не прослеживается ни в одной из изученных популяций. Лучшей реакцией на от-

бор по SDS-пробе обладает Юго-Восточная 4×СФР 195-11-05.

Таблица 4

Таблица 1

**Генетический сдвиг в поколениях (F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>) при отборе в F<sub>2</sub> лучших потомств по показателю SDS-седиментации, мл**

Популяция	Селекционный дифференциал (S)		Генетический сдвиг (R)									
			F <sub>2</sub>			F <sub>3</sub>			F <sub>4</sub>			F <sub>5</sub>
	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>
T10×СФР195	6,3	6,9	8,9	0,2	-0,9	-0,9	-1,5	0,2	5,4	0,8	0,4	-5,8
ЮВ-4×СФР195	7,9	9,4	11,8	2,1	2,7	2,1	2,4	2,8	1,8	0,4	-0,2	0,2
Ф4/2×СФР195	7,3	8,9	11,9	0	-1,3	0,2	-8,5	-8,6	-14,1	-5,4	-4,1	-5,6

Отбор элитных по SDS-седиментации семей в F<sub>3</sub> (по зерну F<sub>4</sub>) показал следующее (табл. 2).

Таблица 2

**Генетический сдвиг в поколениях (F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>) при отборе в F<sub>3</sub> лучших потомств по показателю SDS-седиментации, мл**

Популяция	Селекционный дифференциал (S)		Генетический сдвиг (R)								
			F <sub>3</sub>			F <sub>4</sub>			F <sub>5</sub>		
	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>		
T10×СФР195	7,5	8,6	9,6	0	0	-0,8	1,2	2,4	3,0		
ЮВ-4×СФР195	7,8	9,0	10,5	0,1	1,5	0,9	1,0	1,9	1,3		
Ф4/2×СФР195	5,6	7,3	9,0	2,1	2,7	2,9	-0,9	-0,2	0,7		

Из приведенных данных видно, что отбор и в этом поколении не дает ожидаемых результатов. Стабильного эффекта из поколения в поколение не прослеживается. Более того, сдвиг в F<sub>4</sub> и в F<sub>5</sub> может быть даже диаметрально противоположным (табл. 2). Следовательно, отборы по SDS-тесту в ранних поколениях должны быть непрерывными. При отборах в F<sub>4</sub> разной интенсивности (i<sub>30</sub>, i<sub>20</sub>, i<sub>10</sub>) лучших по SDS-тесту семей генетический сдвиг в F<sub>5</sub> в зависимости от комбинации скрещивания был также неустойчив (табл. 3).

Таблица 3

**Генетический сдвиг в F<sub>5</sub> при отборе в F<sub>4</sub> лучших потомств по показателю SDS-седиментации, мл**

Популяция	Селекционный дифференциал (S)		Генетический сдвиг (R)					
			F <sub>4</sub>			F <sub>5</sub>		
	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>		
T10×СФР195	7,1	8,1	9,3	0,5	2,6	3,4		
ЮВ-4×СФР195	7,2	9,1	11,8	1,4	-0,2	-2,5		
Ф4/2×СФР195	8,7	10,1	12,3	1,1	3,9	1,9		

Для оценки селекционной значимости качественных характеристик важно располагать информацией о вкладе генов с аддитивным действием в их количественную выраженность, так как именно они определяют эффективность отборов и позволяют предвидеть результаты в последующих поколениях. Расчеты показали, что доля аддитивной генетической вариации в общей изменчивости показателя SDS-седиментации невелика и сильно варьирует в зависимости от популяции (табл. 4).

**Реализованная наследуемость (h<sup>2</sup>) показателя SDS-седиментации в группах отбора**

Популяция	F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub>		F <sub>2</sub> -F <sub>4</sub>		F <sub>2</sub> -F <sub>5</sub>		F <sub>3</sub> -F <sub>4</sub>		F <sub>3</sub> -F <sub>5</sub>		F <sub>4</sub> -F <sub>5</sub>	
	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>
T10×СФР195	0,032	0	0,133	0	0,160	0,066	0,032	0	0,133	0	0,160	0,066
ЮВ-4×СФР195	0,264	0,303	0,050	0,017	0,124	0,201	0,264	0,303	0,050	0,017	0,124	0,201
Ф4/2×СФР195	0	0	0	0,375	0	0,126	0	0	0,375	0	0,126	0,126

Отбор по содержанию клейковины в F<sub>3</sub> (по зерну F<sub>4</sub>) не всегда дает положительные результаты. При отборе же потомств в F<sub>4</sub> селекционный эффект значительно повышается (табл. 5). Исходя из расчетных данных, можно сделать вывод, что преимущество на стороне интенсивного отбора (i<sub>10</sub>).

Таблица 5

**Генетический сдвиг в поколениях (F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>) при отборе в F<sub>3</sub> и в F<sub>4</sub> лучших потомств по содержанию клейковины в муке, %.**

Популяция	Поколение отбора	Селекционный дифференциал (S)		Генетический сдвиг (R)						
				F <sub>4</sub>			F <sub>5</sub>			
		i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>
T10×СФР195	F <sub>3</sub>	4,0	4,6	5,3	-0,3	1,5	3,8	-2,3	-0,5	0,3
	F <sub>4</sub>	4,4	4,4	5,4	-	-	-	1,6	1,6	3,0

Наследуемость содержания клейковины в муке в зависимости от поколения отбора (F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>) и его интенсивности (i<sub>30</sub>, i<sub>20</sub>, i<sub>10</sub>) неустойчивая. Максимальный эффект при самых ранних отборах (F<sub>2</sub>) можно ожидать при высокой и умеренной их интенсивности (i<sub>10</sub>, i<sub>20</sub>). С повышением гомозиготности потомств (F<sub>4</sub>) повышается и роль генетических факторов (табл. 6).

Таблица 6

**Реализованная наследуемость (h<sup>2</sup>) содержания клейковины в муке в группах отбора**

Популяция	F <sub>3</sub> -F <sub>4</sub>			F <sub>3</sub> -F <sub>5</sub>			F <sub>4</sub> -F <sub>5</sub>		
	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>
T10×СФР195	0	0,320	0,713	0	0	0,054	0,351	0,356	0,553

Показатель ИДК-1, по которому судят о физических свойствах клейковины, наследуется по промежуточному типу. Его значения в некоторых поколениях (F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>) выходят за пределы таковых у исходных форм. Количество семей, у которых показатель ИДК-1 значимо ниже среднего значения его у материнского сорта, варьирует от одного (1,6%) до двух (3,2%). Генетический сдвиг при отборе в F<sub>3</sub> потомств с минимальным значением показателя ИДК-1 оказался более или менее ощутимым при интенсивном (i<sub>10</sub>) и экстенсивном (i<sub>30</sub>) отборах (табл. 7).

Таблица 7

**Генетический сдвиг в F<sub>5</sub> при отборе в F<sub>3</sub> и в F<sub>4</sub> лучших потомств по показателю ИДК-1, ед.**

Популяция	Поколение отбора	Селекционный дифференциал (S)			Генетический сдвиг (R)		
					F <sub>5</sub>		
		i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>
Т10× СФР195	F <sub>3</sub>	-4,6	-5,5	-7,0	-1,2	-0,3	-2,8
	F <sub>4</sub>	-5,8	-7,2	-9,0	-2,8	-2,9	2,6

Отбор в F<sub>4</sub> высококачественных потомств вызывал по качеству клейковины значительный сдвиг в F<sub>5</sub> при i<sub>30</sub> и i<sub>20</sub>. При более строгом отборе (i<sub>10</sub>) сдвиг оказался обратным по знаку. Сравнивая результаты расчетов, приведенных в таблицах 5 и 7, нетрудно убедиться в том, что отбор элитных семей по показателю ИДК-1 может привести к снижению содержания клейковины в муке. Реализованная наследуемость (h<sup>2</sup>) показателя ИДК-1 наиболее выражена при интенсивном отборе – i<sub>30</sub> (табл. 8).

Таблица 8

**Реализованная наследуемость (h<sup>2</sup>) показателя ИДК-1 в группах отбора**

Популяция	F <sub>3</sub> -F <sub>4</sub>			F <sub>3</sub> -F <sub>5</sub>			F <sub>4</sub> -F <sub>5</sub>		
	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>30</sub>	i <sub>20</sub>	i <sub>10</sub>
Т10× СФР195	0,356	-	-	0,248	0,054	0,391	0,478	0,408	0

На основании полученных данных (табл. 5-8) можно констатировать, что отборы по содержанию и качеству клейковины следует начинать с F<sub>4</sub> (по зерну F<sub>5</sub>) при интенсивности их на уровне i<sub>30</sub> и i<sub>20</sub>.

**Литература**

1. Бебякин В.М. Селекционно-генетические аспекты оценки гибридных популяций яровой мягкой пшеницы по критериям качества зерна / В.М. Бебякин, И.А. Осыка // Агротехнологические и экономические аспекты развития растениеводства на Евро-Северо-Востоке Российской Федерации. – Киров, 2008. – С. 60-67.
2. Бебякин В.М. Качественная характеристика зерна сортов яровой мягкой пшеницы по потомству / В.М. Бебякин, И.А. Осыка // Сельскохозяйственная биология. – 2008. – №5. – С. 33-37.
3. Бебякин В.М. Селекционная ценность сортов яровой мягкой пшеницы с высоким потенциалом физических свойств теста / В.М. Бебякин, Н.В. Кочеткова, И.А. Дедков // Доклады Россельхозакадемии. – 2009. – №3. – С. 7-9.
4. Бебякин В.М. Оценка гибридных популяций яровой мягкой пшеницы по общей стекловидности зерна на основе их фенотипической и генетической структуры / В.М. Бебякин, Т.Б. Кулеватова, Н.В. Кочеткова // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – №1. – С. 26-27.
5. Бебякин В.М. Реакция гибридных популяций яровой мягкой пшеницы на отбор по показателям продуктивности и качества зерна на контрастном по количеству осадков фоне / В.М. Бебякин, И.А. Осыка // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – №3. – С. 59-62.
6. Бебякин В.М. Эффективность оценки качества зерна яровой мягкой пшеницы по SDS-тесту / В.М. Бебякин, М.В. Бунтина // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1991. – №1. – С. 66-70.

УДК 633.111 «321»:004.12

**К оценке селекционной значимости нетрадиционных критериев качества зерна яровой мягкой пшеницы**

**To the Estimation of Breeding Value of Nonconventional Criteria of Spring Soft Wheat Grain Quality**

**И.А. КИБКАЛО, В.М. БЕБЯКИН,**  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока  
РАСХН, Саратов  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

**I.A. KIBKALO, V.M. BEBYAKIN,**  
Agricultural Research Institute of  
South-East Region, Saratov,  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

На основе генетико-статистических характеристик обосновывается селекционная ценность одного из показателей флуоресцентного зондирования – отношения интенсивности флуоресценции к ее падению за одну минуту осаждения взвеси (F<sub>0</sub>/P<sub>1</sub>).

**Ключевые слова:** флуоресцентное зондирование, популяция, генетический сдвиг, реализованная наследуемость.

*Breeding value of one of indicators of fluorescent sounding – relations of fluorescence intensity to its fall for a minute of sus-*

*pension sedimentation (F<sub>0</sub>/P<sub>1</sub>) is proved on the basis of genetic and statistical characteristics.*

**Key words:** fluorescent sounding, population, genetic shift, realized inheritance.

**Введение**

Качеству клейковины в процессе селекции мягкой пшеницы придается первостепенное значение. Исходя из этого нами [1] разработан принципиально новый метод определения качества клейковины пшеницы на основе флуоресцентного зондирования гидрофобных зон белка. На первых эта-

пах его изучения [2] выявлена тесная и устойчивая связь новых критериев с традиционными показателями физико-химических свойств клейковины и теста. Целью исследований, результаты которых рассматриваются в данной статье, являлось определить селекционную ценность одного из показателей флуоресцентного зондирования – отношения интенсивности флуоресценции к ее падению за 1 минуту осаживания взвеси ( $\Phi_0/P_1$ ).

### Материал и методика

В качестве экспериментального материала использовались потомства  $F_2$ ,  $F_3$  и  $F_4$  (отсчет поколений по растению) в количестве 171, полученных от скрещивания по одностерной схеме селекционной линии Альбидум 42/98 (А42/98) и сорта Тулайковская золотистая (ТЗ) с линией СФР 195-11-05 (СФР). Гибриды и их родительские формы выращивались в селекционном севообороте ГНУ НИИСХ Юго-Востока по схеме частых стандартов. Дисперсионный анализ экспериментальных данных проводился по программе для бесповторных опытов с частыми стандартами с коррекцией их по скользящей средней. Генетический сдвиг (R) при отборе лучших потомств в  $F_2$  и в  $F_3$  определяли по разнице между средним значением признака всей популяции ( $\bar{X}_n$ ) и средним значением данного показателя у отобранной части потомств в предшествующем поколении, а также при отборе 15% ( $i_{15}$ ) лучших потомств. Реализованную наследуемость ( $h^2$ ) вычисляли по формуле:  $h^2=R/S$ , где S – величина селекционного дифференциала. Метеорологические условия вегетационного периода в годы проведения полевых опытов (2004–2006) были различными. Количество осадков в период формирования и налива зерна в зависимости от года колебались от 39 до 173% от климатической нормы.

Таблица 1

### $\Phi_0/P_1$ у гибридов и их родительских форм

Сорт, популяция	n	$\bar{X} \pm m$	Критерий достоверности	Пределы варьирования	V
F <sub>2</sub> (2004 г.)					
А42/98хСФР (1)	51	51,0±3,9	6,3*(1-2)	11,9-89,0	54,2
А42/98 (2)	39	21,0±2,7	17,8*(2-3)	8,0-78,0	81,3
СФР (3)	6	86,0±2,4	7,7*(1-3)	78,0-93,0	6,9
ТЗхСФР (1)	109	19,7±1,2	5,1*(1-2)	6,3-83,0	65,0
ТЗ (2)	45	12,4±0,8	6,9*(2-3)	5,0-27,3	41,5
СФР (3)	6	74,9±9,1	6,0*(1-3)	29,7-86,0	29,7
F <sub>3</sub> (2005 г.)					
А42/98хСФР (1)	57	24,9±1,9	4,4*(1-2)	11,0-72,0	57,6
А42/98 (2)	37	15,6±0,9	3,8*(2-3)	9,4-35,5	35,4
СФР (3)	5	52,0±9,6	2,8*(1-3)	36,0-76,0	41,3
ТЗхСФР (1)	97	21,1±1,0	1,2*(1-2)	10,4-74,0	44,6
ТЗ (2)	47	19,0±1,6	2,5*(2-3)	8,9-67,0	59,1
СФР (3)	5	47,6±11,2	2,4*(1-3)	25,3-75,0	52,5
F <sub>4</sub> (2006 г.)					
А42/98хСФР (1)	56	13,3±1,0	3,3*(1-2)	5,0-36,0	56,3
А42/98 (2)	42	9,4±0,7	1,0(2-3)	4,6-23,3	44,8
СФР (3)	6	12,4±3,0	0,3(1-3)	6,3-24,3	58,6
ТЗхСФР (1)	114	21,6±1,0	6,0*(1-2)	9,4-74,0	47,6
ТЗ (2)	47	15,0±0,5	3,6*(2-3)	10,6-25,7	24,5
СФР (3)	7	30,6±4,3	2,1*(1-3)	12,8-41,5	37,0

\* - Значимо на 5%-ном уровне.

**Примечание.** n – количество проанализированных потомств,  $\bar{X} \pm m$  – среднее значение показателя и его ошибка, V – коэффициент вариации (%).

### Результаты исследований

Отношение  $\Phi_0/P_1$  (показатель со знаком минус) в популяциях варьирует в широких пределах независимо от поколения (табл. 1). И, тем не менее, достоверного выхода его значений за пределы таковых у лучшей исходной формы, как правило, не обнаруживается.  $\Phi_0/P_1$  наследуется по промежуточному типу с уклоном в сторону худшей исходной формы.

Расчетным путем установлено, что отбор в  $F_2$  (по зерну  $F_3$ ) лучших по  $\Phi_0/P_1$  потомств нельзя признать эффективным, так как величина генетического сдвига (R) в последующих поколениях ( $F_2$ ,  $F_3$ ), несмотря на высокий уровень селекционного дифференциала (S), оставляет желать лучшего (табл. 2). К этому следует добавить, что генетический сдвиг за одно и два поколения в направлении отбора существенно зависит как от комбинации скрещивания, так и от интенсивности отбора.

Таблица 2

### Генетический сдвиг по $\Phi_0/P_1$ в $F_3$ и в $F_4$ при отборе лучших потомств в $F_2$

Популяция	F <sub>2</sub> (2004 г.)		F <sub>3</sub> (2005 г.)		F <sub>4</sub> (2006 г.)	
	Интенсивность отбора					
	$i_{< \bar{X}_n}$	$i_{15}$	$i_{< \bar{X}_n}$	$i_{15}$	$i_{< \bar{X}_n}$	$i_{15}$
	Селекционный дифференциал (S)		Генетический сдвиг (R)			
А42/98хСФР	-24,26	-35,40	-0,17	-4,05	-1,12	-2,57
ТЗхСФР	-7,58	-10,96	0,46	-1,26	-0,38	-0,20

Реакция же гибридных популяций на отбор в  $F_3$  (по зерну  $F_4$ ) более ощутима, что доказывается повышенным по сравнению с отбором в  $F_2$  сдвигом (табл. 3).

Таблица 3

### Генетический сдвиг по $\Phi_0/P_1$ в $F_4$ при отборе лучших потомств в $F_3$

Популяция	F <sub>3</sub> (2005 г.)		F <sub>4</sub> (2006 г.)	
	Интенсивность отбора			
	$i_{< \bar{X}_n}$	$i_{15}$	$i_{< \bar{X}_n}$	$i_{15}$
	Селекционный дифференциал (S)		Генетический сдвиг (R)	
А42/98хСФР	-8,97	-11,97	-3,23	-5,42
ТЗхСФР	-4,46	-7,79	-1,83	-1,38

Таблица 4

### Реализованная наследуемость ( $h^2$ ) $\Phi_0/P_1$ в группах отбора

Популяция	Интенсивность отбора	
	$i_{< \bar{X}_n}$	$i_{15}$
F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub>		
А42/98хСФР	0,007	0,114
ТЗхСФР	0,000	0,115
F <sub>2</sub> -F <sub>4</sub>		
А42/98хСФР	0,046	0,073
ТЗхСФР	0,050	0,018
F <sub>3</sub> -F <sub>4</sub>		
А42/98хСФР	0,360	0,453
ТЗхСФР	0,410	0,177

Реализованная наследуемость ( $h^2$ ), как и генетический сдвиг при отборе, характеризует генетическую структуру гибридной популяции, селекционную ценность признака



[3]. Наследуемость в группах отбора по  $\Phi_0/P_1$  представлена в табл. 4, из которой видно, что доля аддитивной генетической вариации в общей изменчивости данного показателя в системах  $F_2 - F_3$  и  $F_2 - F_4$  очень низкая. Она существенно повышается в  $F_3 - F_4$ .

Таким образом, отбор на качество зерна яровой мягкой пшеницы по  $\Phi_0/P_1$  следует начинать с  $F_3$  (отсчет поколений по растению).

### Литература

1. Тучин С.В. Способ определения качества клейковины пшеницы / С.В. Тучин, И.А. Кибкало, В.М. Бебякин // Патент на изобретение №2161797, приоритет от 27.08.1999. - М., 2001.

2. Кибкало И.А. Эффективность тестирования качества клейковины яровой мягкой и твердой пшеницы на основе гидрофобных взаимодействий в белковом комплексе / И.А. Кибкало // Автореферат канд. диссертации. - Саратов, 2000. - 24 с.

3. Бебякин В.М. Оценка гибридных популяций яровой мягкой пшеницы по общей стекловидности зерна на основе их фенотипической и генетической структуры / В.М. Бебякин, Т.Б. Кулеватова, Н.В. Кочеткова // Аграрный вестник Юго-Востока. - 2009. - № 1. - С. 26-27.

УДК 633.112.1 «321»

## Урожай и качество зерна разных генотипов твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) в зависимости от способов уборки

## Grain Yield and Quality of Various Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Genotypes Depending on Harvesting Techniques

Н.С. ВАСИЛЬЧУК, В.М. ПОПОВА,  
Г.И. ШУТАРЕВА, С.Н. ГАПОНОВ,  
Л.В. ЕРЁМЕНКО, Т.М.  
ПАРШИКОВА, Н.М. ЦЕТВА  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока  
РАСХН, Саратов  
e-mail: nikvas47@yandex.ru

N.S. VASILTCHUK, V.M. POPOVA,  
G.I. SHUTAREVA, S.N. GAPONOV,  
L.V. YEREMENKO, T.M.  
PARSHIKOVA, N.M. TSETVA  
Agricultural Research Institute of  
South-East Region,  
e-mail: nikvas@yandex.ru

Изучено влияние способов уборки на урожайность зерна и его качество у генотипов твердой пшеницы, различающихся по устойчивости к предуборочному прорастанию. Максимальная урожайность и стекловидность зерна по всем изучаемым генотипам были получены в варианте «уборка урожая прямым комбайнированием при влажности зерна 14%». Способы уборки существенно не повлияли на массу 1000 зёрен, содержание белка и показатель SDS-седиментации у всех изучаемых генотипов. Натура и стекловидность зерна сорта Саратовская золотистая и новой линии № 400-00 = 'PD-44'/\*2 Саратовская золотистая не зависели от способов уборки.

**Ключевые слова:** твердая пшеница, урожай зерна, качество зерна, способ уборки, устойчивость к прорастанию, сорт, генотип.

*Effect of harvesting techniques on grain yield and its quality in the durum wheat genotypes varying by resistance to pre-harvest sprouting was investigated. Straight-combine harvesting by 14% grain moisture resulted in maximum grain yield and grain vitreousness in all investigated genotypes. Harvesting techniques did not affect on the 1000 grain weight, protein content and SDS-sedimentation test in all the*

*studied genotypes. Grain-unit and vitreousness of "Saratovskaya zolofistaya" variety and new line № 400-00 'PD-44'/\*2 "Saratovskaya zolotistaya" have not almost depended on harvesting techniques.*

**Key words:** durum wheat, yield, grain quality, harvesting technique, resistance to sprouting, variety, genotype.

Характерная особенность засушливой зоны юго-востока европейской части России – непредсказуемость разных типов засух в течение вегетационного периода полевых культур. Однако бывают годы, когда количество осадков за период вегетации в 2...3 раза превышают среднемноголетние их значения. В такие годы осадки, с одной стороны, способствуют получению высоких урожаев зерна, с другой стороны – вызывают предуборочное прорастание зерна в валках и даже на корню.

Н.А. Литвиненко, Е.В. Алексеенко [1], V. Stoy [2] отмечают, что ежегодно в мире из-за прорастания теряется от 20 до 50% зерна. В засушливой зоне Юго-Востока мы также наблюдали годы, например 1974, 1976, 1978, 1990, 1993, 1994, 2000, 2004, 2008, когда потери урожая из-за прорастания зерна в период уборки урожая в Саратовской области достигали 25...40%. Особенно большие потери несли те хозяйства, которые проводили уборку отдельным способом перестоявших хлебов. В результате прорастания зерна резко ухудшаются его мукомольные и хлебопекарные качества.

Степень прорастания зерна в колосьях и в валках зависит от периода и глубины физиологического покоя зерновок. Продолжительность и глубина покоя зерновок обуславливается комплексом морфологических, физиологических и биохимических параметров, в том числе и окраской зерна у разных сортов. Краснозёрные сорта наиболее устойчивы к прорастанию. Различия между краснозёрными и белозёрными сортами связаны с биохимическими особенностями оболочек зерновки. Изучение возможностей рекомбинаций от гибридов устойчивой к прорастанию белозёрной линии мягкой пшеницы RL 4137 с краснозёрными Pitic 62, Neerava и Glenlea показало, что, по крайней мере, один или более механизмов, контролирующих устойчивость к прорастанию, не были сцеплены с красной окраской зерна [3]. Были выявлены QTL-маркеры на 4A хромосоме, чувствительные к абсцизовой кислоте (АБК) и связанные с повышенной продолжительностью периода покоя, а также новый QTL-маркер, обнаруженный на 3В хромосоме близкий к *R-B1a*, влияющий на синтез флавоноидов. Предполагается, что это – основные локусы, связанные с устойчивостью к прорастанию белозёрных форм [4-5]. В то же время J. R. Gelin, E. M. Elias, S. F. Kianian [6], изучавшие две гибридные популяции от скрещивания сортов твёрдой пшеницы 'Chahba 88 / Vic' и 'LACT 12 / Ben', выявили локусы, связанные с устойчивостью к предуборочному прорастанию, на коротком плече хромосомы 5В в первой популяции и на длинном плече хромосомы 6В – во второй.

Это обстоятельство натолкнуло нас на мысль, что проблему устойчивости к прорастанию можно решить селекционным путем и у типично белозёрной твёрдой пшеницы.

Мы попытались создать устойчивые к прорастанию традиционно белозёрные сорта яровой твёрдой пшеницы. В качестве источников устойчивости к предуборочному прорастанию зерна были взяты два образца твёрдой, правда, краснозёрной пшеницы – PD-44 и PD-45, которые в 1986 г. были получены нами от селекционера сельскохозяйственной опытной станции университета штата Северная Дакота (США) доктора R. Cantrell. В свою очередь, эти формы были созданы с использованием экспериментальной линии твёрдозёрной (высокостекловидной) краснозёрной яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L. em. Theli) RIA137 [7]. Мы вовлекли PD-44 и PD-45 в программу скрещиваний с участием лучшего местного селекционного материала, хорошо адаптированного к засушливым условиям юго-востока европейской части России.

В период с 1989 г. по 2001 г. с этими образцами было проведено 35 простых и 162 сложных скрещивания. Отбор в популяциях колосьев с белым зерном начинали в  $F_2$ . Небольшое число белозёрных форм имело мелкое, щуплое, невыравненное зерно, но с этим материалом продолжалась селекционная работа. Среди них отбирали засухоустойчивые формы, обладающие высоким качеством зерна [8-10]. Затем материал оценивали по степени прорастания на провокационном фоне в дождевальной камере, специально оборудованной нами для этой цели [9-13].

В результате беккроссных, а также ступенчатых скрещиваний и многократного индивидуального отбора удалось создать ряд перспективных, высокопродуктивных белозёрных форм яровой твёрдой пшеницы, которые по устойчивости к прорастанию зерна на корню превышали стандартные сорта. В результате многолетних испытаний до предварительного конкурсного испытания в 2008 г. дошли лишь четыре линии, имеющие в своей родословной PD-44 и PD-45. Среди них оказались линии: № 50-08 = 'PD-45 / Саратовская золотистая (S4, F8) // Ник'; № 80-08 = 'Саратовская золотистая / Гордеиформе 46 /3/ к-53863 / \*2 Леукурум 1945 // Саратовская золотистая /4/ PD-45 // Саратов-

ская золотистая / Светлана'; № 95-08 = 'PD-45 / Светлана // Валентина /3/ Ник' и № 96-08 = 'PD-45 / Светлана // Ник /3/ Валентина (II биотип)', которые по уровню урожайности и качеству зерна достигали или превышали стандартные сорта Светлана и Саратовская золотистая. Эти линии отличаются скороспелостью, крупным колосом, обладают устойчивостью к грибным заболеваниям.

Ранее нами уже было показано, что при прорастании зерна, прежде всего, ухудшались такие показатели его качества, как число падения, натура и стекловидность. Практически не изменялись параметры массы 1000 зёрен, степени желтизны семялины (крупки), содержания белка в зерне, а также такие важные показатели качества клейковины, как SDS-седиментация и характер кривых миксограмм. Правда, в этих исследованиях прорастание зерна провоцировалось в лабораторных условиях [11-14].

Важно было изучить влияние способов и сроков уборки (фактор «а») на урожайность и качество зерна разных по степени устойчивости к прорастанию генотипов (фактор «б») в полевых условиях.

Сорта Саратовская 57 и Саратовская золотистая были взяты в качестве стандартов, линии № 355-00 = 'PD-44 / Людмила'; № 388-00 = 'Леукурум 1945\*2 / ND-600'; № 386-00 = 'Монрое / Леукурум 1977 // Саратовская золотистая'; № 360-00 = 'PD-45 / Д-2019' и № 400-00 = 'PD-44 / \*2 Саратовская золотистая'. В опыте изучали четыре способа уборки: А – скашивание в валок при 35% влажности зерна и подбор валка на пятый день при влажности зерна 14%; Б – своевременное прямое комбайнирование при влажности зерна 14%; В – скашивание в валок при влажности зерна 14%, обмолот через пять дней; Г – прямое комбайнирование, но после перестоя на корню в течение 12 дней.

Максимальная урожайность по всем сортам и линиям была получена в варианте Б (прямым комбайнированием при влажности зерна 14%). Во всех других вариантах потеря в урожае зерна в среднем по сортам и линиям составила 6...14%. Причем эти потери практически не были связаны с устойчивостью сортов к прорастанию зерна (табл. 1).

Таблица 1

#### Урожайность и натура зерна у разных сортов и линий яровой твёрдой пшеницы, Саратов, среднее за 2001...2003 гг.

Сорт	Урожайность, ц/га				Среднее	Натура зерна, г/л				Среднее
	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
Саратовская 57	26,0	25,2	23,4	23,4	<b>24,5</b>	768	773	767	782	<b>772</b>
Саратовская золотистая	25,0	26,4	23,4	25,7	<b>25,1</b>	735	753	745	751	<b>746</b>
№ 355-00 <sup>1*</sup>	26,6	27,5	23,4	24,9	<b>25,6</b>	748	752	744	752	<b>749</b>
№ 386-00 <sup>2*</sup>	30,8	33,2	27,6	27,1	<b>29,7</b>	746	769	747	755	<b>754</b>
№ 388-00 <sup>3*</sup>	23,8	25,7	23,4	21,6	<b>23,6</b>	782	784	768	769	<b>776</b>
№ 360-00 <sup>4*</sup>	23,2	25,1	19,2	19,4	<b>21,7</b>	765	766	745	740	<b>754</b>
№ 400-00 <sup>5*</sup>	21,6	24,4	21,0	21,8	<b>22,2</b>	762	764	756	763	<b>761</b>
Среднее	25,3	26,8	23,1	23,4		758	766	753	759	
HCP <sub>0,95</sub>	Фактор «а» – 3,9; фактор «б» – 2,4					Фактор «а» – 3; фактор «б» – 8				

Возможно, это объясняется малым количеством осадков, выпавших в период постановки опытов. Тем не менее, в среднем по всем сортам натура зерна на всех вариантах уборки оказалась ниже по сравнению с вариантом Б (своевременное прямое комбайнирование). Практически не изменилась натура зерна у линии № 400-00 = 'PD-44 / \*2Саратовская золотистая', что может косвенно свидетельствовать о ее большей устойчивости к прорастанию.

Визуальная оценка зерна показала, что у всех сортов самый яркий его цвет был в варианте Б при своевременной уборке урожая прямым комбайнированием при влажности зерна 14%. Правда, сорт Саратовская золотистая более стабильно сохранял этот цвет зерна и в других вариантах. Близки к нему были Саратовская 57 и линия № 400-00. Яркость и стекловидность зерна максимально теряются при скашивании пшеницы, достигшей полной спелости, в валок (вариант В), как это довольно часто бывает в условиях производства. На этом варианте лучше всех удерживал стекловидность зерна сорт Саратовская золотистая. На варианте Г (прямая уборка при перестое на корню в течение 12 дней после полной спелости) относительно высокая стекловидность сохранилась у сортов Саратовская золотистая и у линий № 386-00 = 'Monroe / Леукурум 1977 // Саратовская золотистая' и № 400-00 = 'PD-44 / \*2Саратовская золотистая', что также свидетельствует об устойчивости этих образцов к предуборочному прорастанию (табл. 2).

Таблица 2

**Масса 1000 зерен и стекловидность у разных генотипов твёрдой пшеницы, Саратов, среднее за 2001...2003 гг.**

Сорт	Масса 1000 зёрен, г				Среднее	Полная стекловидность, %				Среднее
	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
Саратовская 57	33,3	34,8	36,4	35,7	35,1	84	81	55	79	75
Саратовская золотистая	40,4	41,4	42,5	42,2	41,6	79	89	78	81	82
№ 355-00	36,1	37,3	36,3	36,8	36,6	80	82	47	68	69
№ 386-00	39,0	38,1	38,6	38,4	38,5	74	87	77	90	82
№ 388-00	38,5	38,0	40,0	40,1	39,2	65	68	34	48	54
№ 360-00	37,6	38,1	37,0	37,4	37,6	78	70	57	73	70
№ 400-00	39,1	37,4	37,6	38,8	38,2	79	88	79	89	84
Среднее	37,7	37,9	38,3	38,5		77	81	61	75	
HCP <sub>0,95</sub>	Фактор «а» – 1,2; фактор «б» – 1,6					Фактор «а» – 8; фактор «б» – 11				

Варианты уборки не оказали значительного влияния на содержание белка в зерне. Несколько пониженное содержание белка в среднем по набору изучаемых генотипов было в варианте А. Достоверно более высоким содержанием белка отличилась линия № 400-00 = 'PD-44 / \*2Саратовская золотистая'. Стабильно высоким содержанием белка в зерне характеризуется известный сорт Саратовская золотистая [9].

На показатель качества белка (SDS-седиментация) варианты уборки не оказали существенного влияния. Этот признак в большей степени определяется генетическими особенностями сортов. Высоким качеством белка при всех вариантах уборки среди изученного набора образцов отличились две линии – № 388-00 = 'Леукурум 1945\*2 / ND-600' и № 360-00 = 'PD-45 / Д-2019' (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание белка в зерне и показатель SDS-седиментации у разных генотипов твёрдой пшеницы, Саратов, среднее за 2001...2003 гг.**

Сорт	Белок, %				Среднее	SDS-седиментация, мл				Среднее
	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
Саратовская 57	14,0	14,6	14,2	14,0	14,2	42	44	44	44	44
Саратовская золотистая	14,7	14,6	14,5	14,6	14,6	42	44	43	43	43
№ 355-00	13,0	14,0	13,5	14,2	13,7	42	45	48	45	45
№ 386-00	13,8	14,1	14,0	14,1	14,0	39	36	39	38	38
№ 388-00	13,5	15,3	14,3	14,8	14,5	49	49	50	49	49
№ 360-00	13,8	14,1	13,5	14,8	14,1	51	50	53	53	51
№ 400-00	14,6	15,1	15,1	15,2	15,0	40	40	41	41	41
Среднее	13,9	14,5	14,2	14,6		44	44	45	45	
HCP <sub>0,95</sub>	Фактор «а» – 0,4; фактор «б» – 0,5					Фактор «а» – 2; фактор «б» – 2				

Таким образом, в результате многократных сложных скрещиваний и целенаправленной селекционной работы нами были выделены белозёрные формы яровой твёрдой пшеницы, генетически устойчивые к предуборочному прорастанию зерна. Среди них линия Д-2116, выведенная методом сложной ступенчатой гибридизации с участием образца PD-45 – '(S6) PD-45 / Саратовская золотистая /5/ Леукурум 1947 / Харьковская 46 (F5, S2) /3/ Саратовская золотистая (F6, S2) /4/ Валентина /6/ Д-2005', сочетающая высокую продуктивность и отличное качество зерна. С 2009 года эта линия в качестве нового сорта под названием Луч 25 изучается в государственном сортоиспытании. Родоначальное растение этого сорта было отобрано из устойчивых к прорастанию колосьев в гибридной популяции № 1117. На провокационном фоне в дождевальной камере из этой популяции было выделено 57% устойчивых колосьев. Создание устойчивых к предуборочному прорастанию сортов твёрдой пшеницы позволит сохранить высокое качество зерна при неблагоприятно складывающихся во время уборки погодных условиях.

**Литература**

1. Литвиненко Н.А. Генетический анализ устойчивости к предуборочному прорастанию зерна в колосе на гибридах озимой пшеницы F<sub>2</sub> и F<sub>3</sub> / Н.А. Литвиненко, Е.В. Алексеенко // Цитология и генетика. – 1998. – Т. 32, № 6. – С. 69 – 72.
2. Stoy V. Progress and prospect in sprouting research / V. Stoy // Third Intern. Symp. Pre-Harvest Sprouting in Cereals. – Boulder (Colorado), 1983. – P. 3 – 7.
3. De Pauw R. M. Recombining dormancy from RL 4137 with white seed color / R. M. De Pauw, T. N. McCaig // Third Intern. Symp. Pre-Harvest Sprouting in Cereals. – Boulder (Colorado), 1983. – P. 251 – 259.
4. QTL for preharvest sprouting resistance in hard white winter wheat Rio Blanco / S. Liu, S. Cai, R. Graybosch, C. Chen, G. Bai // Annual Wheat Newsletter (Kansas State University). – Manhattan, 2008. – Vol. 54. – P. 24.
5. Dormancy in white-grained wheat: mechanisms and genetic control / D. Mares, J. Rathjen, K. Mrva, J. Cheong // Annual Wheat Newsletter (Kansas State University). – Manhattan, 2008. – Vol. 54. – P. 39.

6. Gelin J.R. Evaluation of two durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) crosses for pre-harvest sprouting resistance / J.R. Gelin, E.M. Elias, S.F. Kianian // Field crops research. – 2006. – Vol. 97, No. 2–3. – P. 188 – 196.

7. Soper J. F. Sprouting damage and kernel color relationships in durum wheat / J. F. R. G. Soper, R. Cantrell // Crop Sci. – 1989. – Vol. 29. – P. 895 – 898.

8. Селекция яровой твёрдой пшеницы на устойчивость к прорастанию / В.М. Попова, Н.С. Васильчук, С.Н. Гапонов, Л.В. Еременко // Культурные растения для устойчивого сельского хозяйства в XXI веке (иммунитет, селекция, интродукция). – М., 2002. – С. 196 – 202.

9. McMaster G.J. Methodology and sample preparation when screening for sprouting damage in cereals / G. J. McMaster, N. F. Derera // Cereals Res. Commun. – 1976. – Vol. 4, No. 2. – P. 251 – 254.

10. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы / Н.С. Васильчук. – Саратов, 2001. – 123 с.

11. Качество проросшего зерна яровой твёрдой пшеницы / Н.С. Васильчук, Г.И. Шутарева, Т.М. Пар-

шикова, В.А. Матвеева, В.М. Попова, С.Н. Гапонов // Стратегия адаптивной селекции полевых культур в связи с глобальным потеплением климата. – Саратов, 2004. – С. 150 – 153.

12. Физические свойства проросшего зерна твёрдой пшеницы / Н.С. Васильчук, Г.И. Шутарева, В.М. Попова, С.Н. Гапонов, Т.М. Паршикова // Проблемы селекции полевых культур на адаптивность и качество в засушливых условиях. – Саратов, 2001 – С. 98 – 101.

13. Шутарева Г.И. Селекция яровой твёрдой пшеницы на устойчивость к предуборочному прорастанию в Поволжье: дис. ... канд. биол. наук / Г.И. Шутарева. – Саратов, 2004. – 135 с.

14. Францев А.С. Устойчивость к предуборочному прорастанию зерна яровой мягкой пшеницы в условиях левобережья Саратовской области / Ф.С. Францев, Н.С. Васильчук, Г.И. Шутарева // Сборник научных трудов (посвящается 135-летию со дня рождения Г. К. Мейстера и 100-летию со дня основания Аркадакской опытной станции) / ГНУ НИИСХ Юго-Востока. – Саратов, 2009. – С. 61 – 71.

УДК 633.11.14: 631.572

## Тритикале – источник рекомбинантных по качеству генотипов озимой ржи

## Triticale – the Source of Quality Recombinant Genotypes of Winter Rye

А.В. ТИТАРЕНКО,  
Л.П. ТИТАРЕНКО, А.А. КОЗЛОВ,  
ГНУ Донской НИИСХ РАСХН,  
п. Рассвет Ростовской области  
e-mail: dzniisx@mail.ru

A.V. TITARENKO, L.P. TITARENKO,  
A.A. KOZLOV,  
Scientific Research Institute of  
Agriculture of Don Region,  
Vil. Rassvet, Rostov region  
e-mail: dzniisx@mail.ru

Приведены результаты скрещиваний гексаплоидных тритикале с ди- и тетраплоидной рожью. Получены высокопродуктивные аллоплазматические формы диплоидной и тетраплоидной озимой ржи с хорошим качеством зерна.

**Ключевые слова:** тритикале, рожь, гибридизация, урожай, качество.

*Effects of crossing of hexaploid triticale and diploid and tetraploid rye are resulted. High productive alloplasmatic forms of diploid and tetraploid winter rye having high-quality grain were bred.*

**Key words:** triticale, rye, hybridization, yield, quality.

Генетическая изменчивость, возникающая при отдаленной гибридизации, дополненная мутационной и соматоклональной изменчивостью обеспечивают богатый спектр формообразования, возникновение трансгрессивных генотипов с новыми комбинациями генов, более совершенными ядерно-

плазменными отношениями. При этом важен подбор компонентов для гибридизации и выбор направления скрещивания, объем получаемых генотипов в  $F_2$ , способы преодоления несовместимости и повышения выхода рекомбинантных особей, применение эффективных отборов и так далее.

Тритикале – искусственно синтезированная человеком зерновая культура со сложным полигеном является уникальным источником признаков и свойств как при внутривидовых скрещиваниях, так и при гибридизации с пшеницей и рожью [1–5].

Нами в 2004 – 2008 годах проведена серия реципрокных скрещиваний озимой ржи с тритикале. Завязываемость зёрен при скрещивании гексаплоидных тритикале с диплоидной рожью варьировала от 1,0 до 24,1%, составляя в среднем 10,2%; с тетраплоидной – от 7,5 до 33,1%, в среднем – 24,6%. В обратных комбинациях скрещивания завязываемость на порядок ниже.

С целью повышения результативности при гибридизации проводили 2–3-кратное опыление свежесобранной пылью через клапан изолятора. Полученные зерновки проращивали на фильтровальной бумаге и проростки высаживали в поле.

Реципрокные скрещивания тритикале х рожь являются

одним из способов синтеза аллоплазматических форм ржи и тритикале. Завязываемость гибридных зёрен в таких скрещиваниях определяется обоими компонентами скрещивания и во многом зависит от климатических особенностей года. Используя один и тот же сорт гексаплоидной тритикале в качестве материнской или отцовской формы при скрещивании с различными сортами озимой ржи, удача гибридизации в первом случае была 9,7 - 26,2 %, во втором – 0,5 - 12,3 %.

Отбором из  $F_3$  гибридной комбинации Таловская 29 (озимая рожь,  $2n=14$ ) х Тальва 100 (гексаплоидная тритикале,  $2n=42$ ) синтезирована диплоидная рожь Бородинская. Во втором поколении отдаленного гибрида тритикале ( $2n=42$ ) х рожь ( $2n=14$ ) выделена короткостебельная аллополиплоидная рожь Славида, имеющая уже к третьей генерации высокий уровень генетической стабильности. Так, по озернённости колоса Славида ( $57,3 \pm 1,0$  %) практически была на уровне аутотетраплоидного сорта озимой ржи Зеленоу-косная 6 Н1 ( $60,4 \pm 1,1$  %).

Славида отличалась хорошо выполненным, выровненным и довольно крупным зерном. Судя по величине этих показателей у рецiproкных гибридов  $F_1$ , необходимо отметить детерминацию их в значительной степени плазмомом. Завязываемость зерна в комбинации скрещивания Славида х Зеленоу-косная 6 Н1 составляла  $45,4 \pm 4,9$  % при массе одной зерновки  $32,0 \pm 1,2$  мг, в обратной комбинации  $41,4 \pm 2,2$  % и  $26,2 \pm 1,0$  мг соответственно.

По урожаю зерна в среднем за 2007-2008 гг. Славида ( $4,87$  т/га) превышала стандартные сорта: сорт диплоидной озимой ржи Таловская 15 ( $4,44$  т/га) и озимую пшеницу Дон 95 ( $4,2$  т/га), а также озимую рожь Бородинская ( $4,24$  т/га). Большая урожайность обеспечена была в основном лучшей ее перезимовкой.

В сравнении с диплоидными сортами Таловская 15 и Бородинская Славида имела одинаковую длину колоса, но меньшее число колосков и цветков в колосе, то есть колос был несколько рыхлее. Уступала диплоидам по озернённости колоса, но превосходила по массе зерна с колоса и 1000 зёрен. Склонность растений Славиды к самоопылению дела-

ют ее ценным источником в получении автофертильных линий. Характер распределения растений по автофертильности у Славиды близок к нормальному в отличие от ассиметричных у диплоидной ржи. Причем, число высокоавтофертильных генотипов с углублением инцухта не падает, а, наоборот, возрастает.

Использование тритикале в качестве одной из родительских форм при скрещивании с озимой рожью обеспечивает выделение генотипов с высоким качеством зерна. По двухлетним данным, Таловская 15 имела содержание общего белка в зерне 10,4% и «ЧП» 219 сек, Бородинская 11,5% и 190 сек, Славида – 11,8% и 229 сек соответственно.

Таким образом, тритикале при скрещивании с рожью является источником рекомбинантных по селекционно-ценным показателям генотипов озимой ржи.

### Литература

1. Абдулаева А.К. Гибридизация тритикале с рожью как метод получения генетически новых форм пшенично-ржаных рекомбинантов. – Автореф. дис. ... к. б. н., Л., ВИР, 1984. – 19 с.
2. Белько Н.Б., Гордей И.А., Щетько И.С. Создание ржано-пшеничных амфидиплоидов с цитоплазмой ржи – секалотритикум (RRAABB,  $2n=42$ ): особенности формирования кариотипов ржано-тритикальных амфидиплоидов  $F_1$  BC<sub>1</sub>,  $F_1$  BC<sub>2</sub> и хозяйственно-биологическая характеристика ранних поколений секалотритикум. – Генетика. – 2009. – № 5. – С. 642-651.
3. Гордей И.А., Гордей Г.М. Генетическая совместимость и рекомбинации при гибридизации тритикале с пшеницей и рожью. – Генетика. – 1987. – Т. 23, № 11. – С. 2020-2025.
4. Куркиев У.К. Тритикале и проблемы его селекции. Методические указания. – Л., ВИР. – 1975. – 92 с.
5. Титаренко А.В. Генетические основы создания нового исходного материала и селекции озимой ржи в Центрально-Черноземной зоне. – Автореф. дис. д. с.-х. н., Санкт-Петербург, ВИР, 1984. – 43 с.

УДК 631.527:633.31:633.361:633.264:633.174

## Кормовые культуры на Юго-Востоке: история, методы исследований, селекция, семеноводство и технологии возделывания

## Forage Crops in the South-East: History, Research Techniques, Breeding, Seed-Growing and Cultivation Technologies

В.В. ГУСЕВ, В.В. ЛАРИНА,  
В.Д. КУЗЬМИН, И.Т. РАССОМАХИН,  
А.В. ХРАМОВ, М.М. ХАЛИКОВА,  
Н.В. КОЧЕТКОВА, Р.А. ЭЛЕНБЕРГЕР,  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН,  
г. Саратов  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

V.V. GUSEV, V.V. LARIN,  
V.D. KUZMIN, I.T. RASSOMAKHIN,  
A.V. KHRAMOV, M.M. KHALIKOVA,  
N.V. KOCHETKOVA, R.A. ELENBERGER  
Agricultural Research Institute of South-  
East Region, Saratov  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

*Кормовые культуры на Юго-Востоке: история внедрения их в Поволжье, методы исследований при селекции и семеноводстве многолетних трав и сорговых культур, технологические приемы при их возделывании, сорта и гибриды кормовых культур.*

**Ключевые слова:** кормовые культуры, история, методы, многолетние травы, сорго, селекция, семеноводство, технология.

*Forage crops in the South-East: the history of their implementation to the Volga region, research techniques at breeding and seed-growing of perennial grasses and sorghum crops, processing methods at their cultivation, varieties and hybrids of forage crops are considered in the article.*

**Key words:** forage crops, history, methods, perennial grasses, sorghum, breeding, seed-growing, technology.

Основным направлением интенсификации полевого кормопроизводства на ближайшую перспективу является максимальное использование биоклиматического и технологического потенциалов однолетних и многолетних трав и других культур в целях получения максимально возможных урожаев кормов высокой энергетической и протеиновой полноценности. Непреложным является тот факт, что успехи или неудачи в животноводстве, темпы его развития в значительной мере (на 70-75%) определяются состоянием кормопроизводства [1].

В условиях сухого и жаркого климата степного Поволжья периодически повторяющиеся засухи в летний период являются объективным фактором, без оценки которого нельзя эффективно вести сельскохозяйственное производство.

Поэтому большое значение, как и ранее, приобретает правильный выбор тех засухоустойчивых культур, которые позволяют в конкретных условиях получать с единицы площади максимальный урожай при минимальных затратах труда и средств [2]. Исследования по кормовым культурам Поволжья начали проводиться В.С. Богданом на Валуйской опытной станции с конца 19 века, а потом были продолжены им на Краснокутской опытной станции в 1909 г. [3].

В изучении сначала находились костреч безостый, люцерна посевная, клевер луговой, сорго, могоар, чумиза, просо, а позднее эспарцет и суданская трава. Впервые в ми-

ровой практике В.С. Богдан ввел в культуру житняка и люцерну желтую.

В результате плодотворной многолетней работы П.Н. Константинова на Краснокутской опытной станции появилось много сортов житняка, люцерны, пшеницы и ячменя. Весьма успешной была работа Л.И. Казакевича по интродукции перспективных диких растений и изучению их биологии.

Во Всесоюзном институте зернового хозяйства (ныне ГНУ НИИСХ Ю.-В.) в 1932 году была организована лаборатория донника. Ее первым заведующим был Н.В. Покровский, он выделил ряд перспективных высокоурожайных белковистых низкокумариновых форм этой культуры.

В 1938 году в институте была создана лаборатория производственно-новых культур под руководством профессора Л.И. Казакевича. Она изучала и разрабатывала технологию возделывания сахарного сорго, африканского проса, кормовых бахчевых и ряда других культур. В результате изучения в этой лаборатории, а позднее в отделе земледелия института, куда она была присоединена, был создан сорт сахарного сорго Саратовское развесистое. Он был передан на Государственное сортоиспытание в 1955 году [3].

Исследования по кормовым культурам были продолжены в лаборатории селекции, семеноводства и агротехники трав, созданной в 1938 году под руководством Ф.И. Филатова. В лаборатории осуществлялась обширная программа работ, предложенная Филатовым, по технологии возделывания однолетних и многолетних трав [4,5].

При создании лаборатории в 1938 году в ее составе было 7 человек, из них 2 научных сотрудника; в 1949 году – 6 человек, в том числе 2 научных сотрудника; в 1958 году в лаборатории, соответственно, работали 10 и 6 человек; в 1965 году – 12 и 7; в 1975 году – 16 и 8; в 1985 году – 15 и 7; в 1995 году 11 и 5 и в настоящее время коллектив лаборатории насчитывает 8 научных сотрудников.

Следует особо отметить, что Ф.И. Филатов был человек незаурядный, непреклонный в своих убеждениях, авторитетный среди коллег по работе, прекрасно владевший огромным багажом специальных сельскохозяйственных знаний. Он блестяще умел выразить в концентрированном виде в отчетах, статьях и книгах итоги проведенных многочисленных исследований.

Ф.И. Филатов провел обширные исследования роста и развития многолетних трав на кормовые цели и семена и в 1955 году зарегистрировал сорт люцерны Ширококарамышская. Заведывание в лаборатории кормовых культур в период с 1948 по 1953 гг. Ф.И. Филатов успешно совмещал

с руководством всей научно-исследовательской работой института.

В этот трудный послевоенный период коллективу института удалось создать ряд высокоценных сортов яровой пшеницы, озимых культур, проса, подсолнечника, разработать эффективные для того времени технологии их возделывания.

Результатом кропотливых многоплановых исследований с учетом практики травосеяния в хозяйствах степной зоны стал капитальный труд Ф.И. Филатова «Возделывание многолетних трав в полевых и кормовых севооборотах Юго-Востока СССР», который был по достоинству оценен правительством. Он был отмечен Государственной премией страны, а сама книга стала основой докторской диссертации ученого, получившей высокую оценку не только научной общественности, но и специалистов агрономического и зоотехнического профилей.

Федор Иванович Филатов является родоначальником школы специалистов - ученых по кормопроизводству, которым он передал свои знания, опыт методики исследования, навыки журналистики, потому что сам был в отрасли мастером своего дела и настоящим художником слова. За годы работы в институте им были написаны книги, брошюры, рекомендации, статьи более 150 наименований.

Первым аспирантом Ф.И. Филатова стал А.А. Журавлев. Он выполнил довольно сложную и интересную работу по опылению люцерны, в короткий срок защитил кандидатскую диссертацию, руководил Аркадакской опытной станцией и не одно десятилетие эффективно трудится во ВНИИ кормов им В.Р. Вильямса.

Аспирантом, а позднее старшим научным сотрудником НИИСХ Юго-Востока в лаборатории кормовых культур у Федора Ивановича Филатова в 1950-60-е годы был В.Д. Кузьмин. Он провел исследования по технологии возделывания кукурузы в одновидовых и смешанных посевах, составу кормовых культур для зеленого и силосного конвейеров, дал оценку эффективности зернобобовых культур в севооборотах и сложным многолетним бобово-злаковым травосмесям для создания культурных пастбищ [6]. В последние годы работал заведующим кафедрой кормопроизводства, проректором в СГАУ им. Н.И. Вавилова, имеет ученое звание профессора.

И.Т. Рассомахин прошел под руководством Федора Ивановича Филатова путь от лаборанта до старшего научного сотрудника, защитил кандидатскую диссертацию по технологии возделывания зернового сорго. Последующие годы успешно трудился на Уральской опытной станции, в СГАУ им. Н.И. Вавилова, защитил докторскую диссертацию по разработке принципиально новой агроклиматической классификации кормовых угодий на юго-востоке страны [7]. Опубликовал в печати десятки научных работ, свидетельствующих о его высокой профессиональной грамотности и эрудиции.

В конце 50-х годов прошлого столетия лаборатория кормовых культур была преобразована в отдел. Сотрудники отдела И.И. Тереножкин, А.А. Павленко, М.С. Исаева, Н.С. Ванев, М.Ф. Лукьянова, Е.М. Пашина, Н.А. Матвеев и др. занимались освоением и эффективным использованием природных кормовых угодий, разработкой прогрессивных технологий возделывания кукурузы, однолетних и многолетних трав [8].

В конце 50-х годов в поисках путей повышения урожайности кормового (сахарного) сорго в НИИСХ Юго-Востока несколько лет высевали коллекции сорго (в общей сложности свыше 200 сортообразцов) с целью найти готовые сорта и формы более продуктивные, чем районированный сорт сахарного сорго Саратовское развесистое. Изучение коллекции показало, что урожайность сорговых культур прямо

связана с длиной вегетационного периода. Решить поставленную задачу указанным способом не удалось, так как хотя среди образцов коллекции встречались формы продуктивнее Саратовского развесистого, но они были позднеспелее последнего и у них крайне затруднено и неустойчиво семеноводство. Разрешить это противоречие – сохранить высокую урожайность и иметь надежное семеноводство – профессор Ф.И. Филатов предложил путем использования эффекта гетерозиса позднеспелости у гибридов первого поколения, семеноводство родительских форм которых в местных условиях обеспечивается стабильно [9].

В 1964 году под руководством профессора Ф.И. Филатова были начаты селекционные работы по созданию мужско-стерильных линий сахарного сорго и подбору опылителей с целью получения гибридов и использованию гетерозиса в селекции сорговых культур [10, 11, 12]. Работу эту профессор Филатов поручил В.В. Лариной. За ее плечами огромный труд по получению многих сортов и гибридов сорго и суданской травы, которые успешно прошли конкурсное сортоиспытание, производственную проверку и возделываются на больших площадях в зоне степного Поволжья и других регионов страны. Ее научное наследие насчитывает 15 авторских свидетельств и 70 научных работ по селекции, семеноводству, методике и технологии возделывания кормовых культур.

В 1972 году профессор Ф.И. Филатов оставил руководство отделом и перешел на должность научного консультанта. Заведующим отделом стал кандидат с.-х. наук К.В. Калашников. Основным направлением его деятельности была разработка интенсивных технологий возделывания кормовых культур в системе зеленого и силосного конвейеров [13]. Им опубликовано 44 научных статей.

Исследования по технологии возделывания кормовых культур на богаре и орошении вела кандидат сельскохозяйственных наук М.Н. Худенко, в дальнейшем доктор с.-х. наук, профессор. Под ее руководством интересную работу выполнил А.Н. Лукьянов по возделыванию ломкоколосника ситникового на солонцово-комплексных почвах. На этих землях в смеси с житняком и эспарцетом эта культура давала по 17,5 центнера сена.

В период 1970-1981 гг. вопросами технологии кормопроизводства, кроме выше названных ученых, занимались научные сотрудники: Г.А. Матвеев, М.М. Оленко, И.П. Глебов, В.М. Сорокин, В.И. Трофимова, А.Н. Иванов и другие [13].

В 1981 году в Саратове был организован Поволжский НИИ животноводства и кормопроизводства, и все научные исследования, связанные с технологическими вопросами, были переданы в новый институт. Таким образом, с этого времени лаборатория селекции и семеноводства кормовых культур сосредоточила свои исследования на селекционно-семеноводческих вопросах по люцерне, эспарцету и сорговым культурам.

Талантливым учеником Ф.И. Филатова был В.Ф. Унгенфухт. Он является автором исследований по технологии возделывания многолетней ржи. Будучи заведующим лабораторией с 1973 по 1991 год, Унгенфухт провел большую селекционную работу по сорговым культурам и многолетним травам. Он является соавтором 17 сортов и гибридов сорго, люцерны, эспарцета, житняка, овсяницы луговой. В 1989 году В.Ф. Унгенфухт был назначен заместителем директора НИИСХ Юго-Востока по селекционной работе, а с 1991 года стал директором института. Уже будучи директором НИИСХ Юго-Востока (1991-1997), он написал уникальный труд по интенсификации кормопроизводства, представил его к защите в качестве докторской диссертации, которая в короткий срок была утверждена Высшей Аттестационной

Комиссией. В.Ф. Унгенфухт был избран членом-корреспондентом РАСХН.

В 1991 году заведующим лабораторией селекции и семеноводства кормовых культур был назначен кандидат с.-х. наук В.В. Гусев. Под его руководством продолжается работа по селекции и семеноводству сорго, сорго-суданковых гибридов, люцерны, эспарцета и овсяницы луговой. Он является соавтором 10 сортов и гибридов упомянутых культур, написал и опубликовал 50 научных работ по селекции и технологии возделывания кормовых культур. Под его руководством лаборатория определилась с направлением исследований, достигла определенных результатов, имеет тесные связи не только с научными учреждениями Юго-Востока страны, но и других регионов, со специалистами и руководителями хозяйств.

Лаборатория работала и продолжает работать по двум направлениям: селекция и семеноводство сорговых культур – научные сотрудники В.В. Ларина, Л.М. Колганова, В.П. Волнянский, Н.И. Иванова, М.Е. Чернышов, К.А. Куликова Т.Ю. Никитин, А.В. Храмов, Н.В. Кочеткова и другие; селекция и семеноводство многолетних трав – научные сотрудники К.В. Петрова, А.П. Салмов, С.Е. Масленников, Л.А. Григорьева, С.Ф. Илющенко, Л.П. Селиванова, М.М. Халикова и другие.

Для создаваемых стерильных линий сахарного сорго источником ЦМС стали мужскостерильные линии зернового сорго 92-2, 92-4, 81, полученные из ВНИИ кукурузы (Днепропетровск). Растения из них в порядке насыщающих скрещиваний опыляли пылью самоопыленных линий сахарного сорго Саратовское развесистое. Из числа самоопыленных растений отбирали не только типичные для этого сорта, но и наиболее раннеспелые. Отбор раннеспелых растений облегчался тем, что сорт Саратовское развесистое представляет собой довольно пеструю популяцию. Отбор из нее раннеспелых форм обеспечивал создание наиболее раннеспелых мужскостерильных линий сахарного сорго. Второе и последующие насыщающие скрещивания проводили на 5-ти метелках каждой линии [12].

Из материалов первого и последующих насыщений для очередного посева отбирали семена метелок, имевших под контрольными изоляторами (при самоопылении) нулевую завязываемость.

Процент растений со стерильной пылью в среднем по всем высеваемым линиям был равен: после первого насыщения – 21, после второго – 48, после третьего – 85, после четвертого – 92. В 1969 году выселили 9 наиболее интересных линий. Метелок с контрольными изоляторами было 697 с числом их по отдельным линиям от 38 до 117. Три линии были на 100% мужскостерильными, у остальных шести под изоляторами единичные семена завязали до 5% метелок.

Следует заметить, что полная мужская стерильность у разных линий устанавливается после разного числа лет насыщающих скрещиваний.

Созданные мужскостерильные линии несколько различаются по морфологии, но главное и наиболее важное различие – в длине вегетационного периода. В 1970 г. у трех наиболее раннеспелых стерильных линий от всходов до восковой спелости семян прошло 80 - 81 день, у типичных для сорта Саратовское развесистое более позднеспелых линий этот период равнялся 98 - 99 дням. Таким образом, разрыв в сроке наступления восковой спелости у самых раннеспелых и самых позднеспелых линий составлял 18 дней. Растения раннеспелых линий имеют меньшие вес и высоту в сравнении с позднеспелыми.

Мужскостерильные линии по выровненности мало отличаются от своих фертильных аналогов, по высоте они чаще бывают немного ниже (сказывается влияние исходной сте-

рильной линии зернового сорта Низкорослое 92); мужскостерильные линии, как правило, поражаются головней меньше, а бактериозом так же, как и фертильные аналоги. Раннеспелые стерильные линии сильнее позднеспелых поражаются бактериозом, но слабее головней. У фертильных аналогов - закрепителей стерильности после 5 - 6 лет самоопыления признаков депрессии не заметно.

В результате проведенных исследований были созданы МС-линии сахарного, позднее зернового, веничного сорго и суданской травы; изучали вопросы методики получения гетерозисных гибридов от искусственного скрещивания.

В 1967-1970 гг. получили оценку в качестве опылителей представители разных групп и видов сорго. Гибриды от опыления стерильных линий сахарного сорго пылью других форм и видов сорго высевали сначала в предварительном, а затем в конкурсном сортоиспытании.

В результате оценок было установлено, что гибриды от различных сочетаний скрещивания стерильных линий с разными самоопыленными (фертильными) линиями, принадлежащими к одному и тому же сорту сахарного сорго Саратовское развесистое, по урожаю не отличались от контрольных посевов нерасчлененного и свободного переопыляемого внутри себя сорта Саратовское развесистое. Продуктивность и особенности развития гибридов от опыления мужскостерильных линий сахарного сорго пылью зерновых сортов сорго во многом зависели от отцовской формы.

Гибриды от опыления мужскостерильных линий сахарного сорго пылью суданской травы, то есть сорго-суданковые гибриды, испытываются с 1968 года. По урожаю зеленой массы они равны или несколько уступают сахарному сорго, но по сбору абсолютно сухого вещества чаще всего превосходят сахарное сорго. Продуктивность этих гибридов сравнивают обычно с отцовской формой – суданской травой.

Сравнение показывает, что чем позднеспелее сорт-опылитель суданской травы, тем больший урожай зеленой массы дает гибрид. Однако относительный эффект (урожай гибрида в процентах от урожая сорта-опылителя) бывает выше у гибридов с раннеспелым опылителем.

В связи с тем, что для успешного производства семян в местных условиях больше подходят раннеспелые сорта, в Поволжье перспективнее сорго-суданковые гибриды, у которых опылителями будут местные раннеспелые сорта

В качестве опылителей стерильных линий сахарного сорго испытывалось веничное сорго. Скрещивание с сортами этого сорго в некоторых случаях давало очень высокий эффект. Особенно отличались продуктивностью гибриды, у которых опылителями было сорго веничное Саратовское местное. Хорошие гибриды получились и от опыления сахарного сорго низкорослыми сортами веничного сорго, но недостатком этого опылителя является его низкорослость, что затрудняет опыление им более рослого сахарного сорго [11].

При селекции сорговых культур сочетать в одном сорте высокую продуктивность зеленой массы и высокий урожай стабильно созревающих семян крайне трудно. Исследования, проведенные Ф.И. Филатовым и его учениками, помогли решить эту проблему. Гибриды стали получать путем скрещивания между раннеспелыми родителями, обеспечивающими в первом поколении гетерозис позднеспелости и связанный с этим высокий урожай зеленой и сухой массы. Семена в этом случае получают от раннеспелых родительских форм, что не вызывает трудностей. Это направление селекции было реализовано на ряде гибридов сорго и сорго-суданковых гибридов [11].

При селекции зернового сорго стояла несколько иная задача по сравнению с селекцией кормового сорго. В послед-



нем случае эффект гетерозиса позднеспелости гибридов первого поколения обуславливает повышенную урожайность зеленой массы и является положительным. При селекции зернового сорго такой эффект нежелателен, в этом случае конечный продукт – зерно – должен в конкретных климатических условиях достигать определенных критериев спелости, в частности влажности. Требовалось получить гибрид, который отличался бы раннеспелостью, высокой урожайностью и надежным семеноводством.

Кроме гетерозисной селекции, которая требует более высокой культуры семеноводства в селекционном процессе, сохраняется выведение сортов с использованием методов гибридизации, индивидуального отбора и инцухта (инбридинга) [9]. В результате создано большое число новых сортообразцов, которые изучаются в различных питомниках.

Селекционная работа по многолетним травам включала выведение новых сортов люцерны, эспарцета, овсяницы луговой, изучение их биологии развития и некоторых элементов сортовой агротехники. Основную работу по селекции многолетних трав вела К.В. Петрова. Она является соавтором пяти сортов многолетних трав, ею опубликовано 37 научных работ.

Люцерна является ведущей белковой кормовой культурой в районах Поволжья. По выходу протеина с гектара люцерна в зоне не имеет себе равных. Однако из-за недостатка семян посевные площади под этой культурой не обеспечивают потребности животноводства в люцерновых кормах. Поэтому создание новых сортов, характеризующихся высокой фуражной продуктивностью, долговечностью, хорошими кормовыми достоинствами, высокой и устойчивой семенной продуктивностью, – задача актуальная, имеющая большую научную и производственную значимость.

В задачу исследований лаборатории входило создать и оценить исходный материал, превышающий районированные сорта по урожайности семян, не уступающий им по фуражной продуктивности и по устойчивости к неблагоприятным факторам среды.

Разностороннее изучение коллекционных образцов люцерны позволило выделить в качестве исходного материала для селекционных целей лучшие по семенной и фуражной продуктивности, по отращиванию весной и после скашивания, по кустистости, облиственности, высоте и другим хозяйственно ценным признакам.

При создании исходного материала использованы новые в зоне методы селекции: гибридизация при свободном направлении и контролируемом опылении, в том числе использование для этих целей теплицы, индивидуальный и массовый отборы, черенкование эталонных растений [14].

Исследования по разработке методики получения гетерозисных гибридных семян люцерны от свободного переопыления подобранных пар сортов, а также с использованием явления самонесовместимости проводились с 1969 года.

В сортах-популяциях люцерны довольно часто встречаются растения, которые при самоопылении семян не завязывают; их называют самонесовместимыми. Распространенность этого явления у разных сортов изучалась в коллекционном питомнике. У 10 изученных сортов самонесовместимых растений имелось от 10,5 до 33,5%. Реже они встречались в сортах Ташкентской селекции и сорте из Индии, чаще – в сортах местной селекции (Кинельская 1 – 22,5%, Саратовская 1 – 21,0%, Зайкевича – 33,5%).

Для изучения наследования самонесовместимости высевали семена 10 самонесовместимых растений (СНР), опылявшихся в популяциях свободно. Семена каждого растения высевали отдельно. Анализ самоопыленных соцветий показал, что самонесовместимость у разных растений наследу-

ется неодинаково. В первом поколении потомств СНР было от 30 до 60%, то есть больше, чем встречается в популяциях. В результате исследований был сделан вывод, что в потомствах свободно опылявшихся СНР путем отбора удается повисить процент самонесовместимости до 60-80.

Для закрепления самонесовместимости и создания самонесовместимых линий ежегодно проводились искусственные скрещивания СНР между собой в разных комбинациях.

При искусственном скрещивании СНР между собой было получено 2 потомства, растения которых практически не образуют семян при самоопылении. От скрещивания разных комбинаций между собой получены потомства, в которых количество растений с нулевой завязываемостью при самоопылении равно 80-100% (у остальной части растений завязываемость была единичная).

Ни одна из 10 испытанных в 1972-73 гг. комбинаций свободного переопыления сортов местной селекции не дала превышения по урожаю зеленой массы в сравнении с родительскими сортами.

Гибридную силу гетерозисной комбинации можно использовать с большим эффектом, если в качестве материнской формы брать самонесовместимые растения. При опылении клонов СНР даже сортами местной селекции получены комбинации, давшие за 4 года превышение по урожаю зеленой массы на 18,2-21,0%. От искусственного скрещивания СНР с самофертильными получены комбинации, урожаем зеленой массы которых превышает родительские формы на 25-35% [15].

Этот метод был применен при создании новых сортов люцерны. В качестве материнской формы использовали лучшие растения люцерны Зайкевича, отцовской – местную из Индии (к-7397). С целью создания гибридного материала с более богатыми признаками наследственности из коллекционного питомника отбирали по 3-5 лучших родительских растений и скрещивали каждый образец отцовской формы с каждым растением материнской. Дальнейший индивидуальный отбор позволил выделить лучший образец, который и был передан на государственное сортоиспытание под названием Медия.

Новый сорт люцерны Влада также получен от искусственного скрещивания подобранных родителей и последующих отборов. В качестве материнского при скрещивании был взят сорт синегридной люцерны из ФРГ – Арним (к-35381), высокопродуктивный, но со слабой зимостойкостью. Чтобы придать будущему сорту жаро- и холодостойкость, в качестве отцовской формы была использована дикорастущая люцерна из Актюбинской области.

В условиях богары черноземной засушливой степи и лесостепи, эспарцет по продуктивности не уступает люцерне и имеет по сравнению с ней ряд преимуществ. Его укосная спелость наступает раньше, у него более простое семеноводство, он – одна из лучших парозанимающих культур и прекрасный медонос. Эспарцет хорошо удается на песчаных и супесчаных, а также на щебенчатых почвах.

Эспарцет Розовый 89 был получен путем переопыления эспарцета Талышского с дикорастущим песчаным эспарцетом из Красноярского края и дальнейшим индивидуальным отбором из полученной популяции.

Сорт эспарцета закавказского Розовый 95 получен от свободного переопыления в питомнике поликрасса 22 сортов эспарцета закавказского и 4-х – песчаного. Исходные формы в питомнике поликрасса высевали смесью семян в равных количествах.

Многолетнюю злаковую кормовую культуру – овсяницу луговую – по значению для кормопроизводства можно поставить рядом с кострецом безостым. Овсяница луговая также может держаться в посеве 6-8 лет, расти на поймен-

ных, заливных, заболоченных участках и в пониженных элементах рельефа, использоваться как сенокосная и пастбищная культура, в чистых и смешанных посевах с другими бобовыми и злаковыми травами. По питательности корм овсяницы близок к кострцевому, но менее грубый, охотно поедается всеми видами скота. Овсяница луговая быстро отрастает после скашивания, при наличии влаги дает 2-3 укоса за сезон. Хорошо растет на глинистых и суглинистых почвах, не переносит легких песчаных почв и засухи. В отличие от кострца безостого может с успехом быть использована и как газонная трава, как в чистом виде, так и в смеси с другими газонными культурами – мятликом, полевицей, райграсом и др.

В 1960-е годы профессором Ф.И. Филатовым была выведена партия семян овсяницы луговой сорта Л-501 из Литвы. После 12-летнего агротехнического изучения сорта в разных условиях выращивания была поставлена задача – получить новый сорт овсяницы луговой – высокопродуктивный, зимостойкий, устойчивый к основным болезням, раннеспелый, пригодный для выращивания в богарных условиях Правобережья. С этой целью из семенного травостоя площадью 1,5 га был проведен трехкратный массовый отбор. Отбирались растения с хорошими хозяйственными показателями: по высоте, облиственности, кустистости, хорошей семенной продуктивности и устойчивости к заболеваниям, и в итоге был получен новый сорт овсяницы луговой Волжанка.

Таким образом, за все годы работы лаборатории по селекции кормовых культур, используя методы селекционной работы, разработанные в 1960-х и 70-х годах, было создано и внесено в Государственный реестр селекционных достижений 15 сортов и гибридов сорговых культур, 2 сорта люцерны, 2 сорта эспарцета и 1 сорт овсяницы луговой. Из них за последние 10 лет: сорта сахарного сорго Крепыш и Топлек, сорт зернового сорго Солнышко, сорго-суданковый гибрид Болдинский, стерильная линия сахарного сорго А1 Саратовское 3, сорт люцерны Влада, сорт эспарцета Розовый 95 и сорт овсяницы луговой Волжанка.

Дальнейшая селекционная работа по многолетним травам для богарных условий заключается в получении новых сортов, хорошо приспособленных к местным почвенно-климатическим условиям, высокоотавных, превышающих лучшие районированные сорта по фуражной и семенной продуктивности, более устойчивых к распространенным заболеваниям.

Исследования по селекции сорговых культур предусматривают выведение сортов и гибридов. При селекции сортов главным является выведение раннеспелых (80 – 90 дней) и среднеспелых (95-110 дней) сортов, обладающих высоким урожаем зеленой массы, хорошими кормовыми качествами и надежным семеноводством, хорошо приспособленных к механизированной уборке на семенных посевах.

При селекции гибридов разрабатывается два направления: 1) создание среднеспелых гибридов с высокой долей качественного зерна в сухом веществе растения и 2) создание позднеспелых высокогетерозисных гибридов на основе раннеспелых родительских форм. Оба направления исследований предусматривают создание линий с ЦМС и высокой комбинационной способностью, выражающейся, с одной стороны, в удлинении вегетационного периода у гибридов и, следовательно, повышенной урожайности их, с другой – в увеличении размера метелки и, следовательно, урожайности зерна и доли его в общем урожае вегетативной массы. Общим требованием для линий является надежное семеноводство.

В процессе исследований определена целая группа ве-

дущих научных сотрудников, которые стали авторами обновленных прогрессивных технологий по возделыванию кормовых культур, новых сортов и гибридов сорго, суданской травы, эспарцета, люцерны и овсяницы луговой, а также обладателями различных премий и наград за свой многолетний труд.

В июне 2010 года НИИСХ Юго-Востока отметил столетие со дня его основания. Лаборатория селекции и семеноводства кормовых культур, как и все другие подразделения института, продолжает кропотливую работу на благо развития сельскохозяйственного производства.

### Литература

1. Кузьмин В.Д. и др. Справочник по кормопроизводству, Саратов, Прив.кн.изд., 1988. – 324 с.
2. Гусев В.В. и др. Агротехнико-экологическое районирование и адаптивная интенсификация кормопроизводства Поволжья. Теория и практика. Монография под ред. д. с.-х. н. В.М. Косолапова, д. геогр. н. И.А. Трофимова. – Москва-Киров: «Дом печати» – ВЯТ-КА», 2009. – 751 с.
3. От Саратовской опытной станции Губернского земства до Научно-производственного Объединения «Элита Поволжья» // История создания НИИСХ Юго-Востока. Под ред. проф. Б.М. Смирнова. – Саратов, 1985. – 52 с.
4. Филатов Ф.И. Возделывание многолетних трав. – Саратов: Огиз, 1952. – 169 с.
5. Филатов Ф.И. Многолетние травы на Юго-Востоке. Саратов, Прив.кн.изд., 1966. – 124 с.
6. Филатов Ф.И., Павленко А.А., Кузьмин В.Д. Вопросы кормопроизводства // Научные труды НИИСХ Юго-Востока, вып. 24, Саратов, 1968. – С. 294-321.
7. Рассомахин И.Т. Классификация, оценка и улучшение природных кормовых угодий. Изд. СГАУ им. Н.И. Вавилова, Саратов, 2004. – 180 с.
8. Тереножкин И.И. Луга и пастбища Юго-Востока – Саратов, Прив.кн.изд., 1966. – 171 с.
9. Филатов Ф.И., Ларина В.В. О направлении в селекции сорговых на Юго-Востоке // Научные труды НИИСХ Юго-Востока, вып. 35, Саратов, 1975. – С. 194-195.
10. Стефенс Дж., Холланд Р.Ф. Использование цитоплазматической мужской стерильности для производства семян гибридного сорго // В кн. Гибридное сорго, М., 1962. – С. 132-145.
11. Филатов Ф.И., Ларина В.В. Подбор опылителей сорго с целью создания высокоурожайных гибридов // Научные труды НИИСХ Юго-Востока, вып. 30, Саратов, 1972. – С. 88-93.
12. Филатов Ф.И., Ларина В.В. Создание мужскостерильных линий сахарного сорго // Научные труды НИИСХ Юго-Востока, вып. 30, Саратов, 1972. – С. 86-87.
13. Унгенфухт В.Ф., Калашников К.В., Худенко М.Н., Матвеев Г.А. Интенсификация кормопроизводства // Перспективные технологии возделывания зерновых культур в условиях интенсивного земледелия Саратовской области, Саратов, 1979. – С. 89-94.
14. Методические указания по селекции многолетних трав. – ВАСХНИЛ, ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса. – М., 1978. – 132 с.
15. Филатов Ф.И., Петрова К.В. Некоторые вопросы методики получения гибридных семян люцерны // Научные труды НИИСХ Юго-Востока, вып. 35. – Саратов, 1975. – С. 195-197.

УДК 633.174:631.582

## Скороспелость и степень использования гидротермических ресурсов зерновым сорго в Саратовской области

## Maturity Period and Extent of Hydrothermal Resources` Use by Grain Sorghum under the Conditions of the Saratov Region

О.П. КИБАЛЬНИК,  
Г.И. КОСТИНА, Д.С. СЕМИН,  
И.Г. ЕФРЕМОВА,  
ФГНУ РосНИИСК «Россорго»,  
г. Саратов  
e-mail: rossorgo@yandex.ru

O.P. KIBALNIK, G.I. KOSTINA,  
D.S. SEMIN, I.G. EFREMOVA,  
Federal State Scientific Institution  
«Russian Scientific, research,  
project and technological institute of  
sorghum and corn», Saratov  
e-mail: rossorgo@yandex.ru

*Показана степень использования гидротермических условий сортами зернового сорго, различающимися по скороспелости. Такая оценка способствует более обоснованному размещению сортов в различных агроклиматических микрорайонах Саратовской области.*

**Ключевые слова:** селекция зернового сорго, активные и эффективные температуры, межфазные периоды, урожайность.

*Degree of hydrothermal conditions` use by grain sorghum varieties, differing in maturity period is shown. Such estimation promotes more well-founded growing of varieties in various agroclimatic microzones of the Saratov region.*

**Key words:** grain sorghum breeding, active and effective temperatures, interstage periods, productivity.

В последние 17 лет в Саратовской области наблюдается устойчивый рост среднегодовой температуры воздуха на 0,8-1,1°C по сравнению со среднегодовыми показателями [1]. Кроме изменений температурного режима все чаще повторяются засухи, причем многие из них сильной интенсивности, когда гидротермический коэффициент (ГТК) в период с мая по июль был меньше 0,5 [2]. Такие экстремальные погодные условия в большинстве случаев приводят к гибели посевов зерновых культур: яровой пшеницы, овса, проса, ячменя. В этой связи специалистам сельского хозяйства следует обратить большее внимание на зерновое сорго, которое даже в неблагоприятных условиях дает стабильные урожаи зерна [3].

В ФГНУ РосНИИСК «Россорго» созданы новые сорта зернового сорго, семь из которых включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. В связи с этим возникла необходимость изучения степени использования гидротермических условий (активные и эффективные температуры, ГТК) сортами нового поколения и перспективными линиями в зависимости от скороспелости.

### Материал и методика

Сортоиспытание сортов и линий зернового сорго проводили в период с 2004 по 2009 гг. на опытном поле ФГНУ РосНИИСК «Россорго». Повторность трехкратная. Учетная

площадь делянки 25 м<sup>2</sup>. Продолжительность межфазных периодов и урожай зерно оценивали по общепринятым методикам. Показатели климатических условий за этот период предоставлены лабораторией метеорологии ГНУ НИИСХ Юго-Востока. В годы сортоиспытания ГТК в период вегетации варьировал от 0,47 до 1,02. При этом «острозасушливыми» были 2005г. (ГТК=0,47) и 2009г. (ГТК=0,59); «влажным» – 2008г. (ГТК=1,02). Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного однофакторного анализа [4] с использованием критерия множественных сравнений Дункана.

### Результаты исследований

Продолжительность периода «всходы-цветение» у сорго тесно связана со скороспелостью. Наибольший интерес представляют образцы с ускоренным периодом «всходы-цветение». Новые сорта и линии зернового сорго значительно различались по продолжительности этого периода (47,2-64,8 дней) и суммам температур, необходимых для наступления у растений цветения (табл. 1).

Наиболее короткий период «всходы-цветение» отмечен у сортов Перспективный 1, Огонек, Меркурий, Старт и Кремовое: от 47,2 до 51,3 дней. В условиях Саратовской области для наступления фазы цветения им достаточно 983,7-1084,2°C активных и 503,7-562,6°C эффективных температур.

У сортов Пищевое 614, Волжское 615, Волжское 4, Пищевое 35 и линии Свечи 59/60 период от всходов до цветения составил 55,2-58,2 дней. Им для прохождения периода «всходы-цветение» необходима большая теплообеспеченность. Сумма активных и эффективных температур варьировала от 1169,0 до 1232,2°C и от 609,0 до 648,5°C соответственно.

Наиболее продолжительным периодом «всходы-цветение» (64,8 дня) отличалась линия Норгум 34. Сумма активных температур, используемых селекционной линией Норгум 34, для наступления цветения составила 1374,8°C и эффективных – 718,0°C.

Гидротермический коэффициент в период «всходы-цветение» зернового сорго в среднем за шесть лет составил 0,71-0,80, в зависимости от его продолжительности у изучаемых сортов и линий.

Фенологические наблюдения показали, что по длине вегетационного периода изучаемые сорта и линии распределяются на три группы в соответствии с продолжительностью у них периода «всходы-цветение». Дисперсионный анализ подтверждает такое распределение (табл. 1, 2). Анализ

продуктивности испытываемых сортов выявил тенденцию значительного увеличения урожая зерна (от 2,63 до 4,40 т/га) с удлинением периода «посев-восковая спелость» от 104,0 до 119,7 дней.

Таблица 1

**Особенности использования тепловых ресурсов  
зерновым сорго в период «всходы-цветение»  
(2004-2009 гг.)**

Сорта и линии	Период «всходы-цветение», дни	Сумма температур, °С	
		активных	эффективных
Перспективный 1	47,2 а	983,7 а	503,7 а
Меркурий	47,2 а	983,7 а	503,7 а
Огонек	49,3 ab	1038,7 abc	537,1 abc
Старт	50,3 ab	1060,2 bc	548,5 bc
Кремовое	51,3 b	1084,2 c	562,6 c
Пищевое 614	55,2 def	1169,0 ef	609,0 ef
Волжское 615	55,2 ef	1169,0 def	609,0 def
Волжское 4	58,3 f	1232,2 g	648,5 g
Пищевое 35	57,7 ef	1221,7 fg	637,0 fg
Свечи 59/60	58,2 f	1225,5 fg	642,5 fg
Норгум 34	64,8 g	1374,8 h	718,0 h
F <sub>факт.</sub>	28,7*	33,0*	33,4*
HCP <sub>05</sub>	2,92	60,7	33,2

**Примечание:** \*  $p < 0,05$ . Данные в колонках, обозначенные разными буквами, значимо различаются при  $p < 0,05$  в соответствии с критерием Дункана.

Период от посева до восковой спелости у сортов Перспективный 1, Огонек, Меркурий, Старт и Кремовое составил 104,0-108,7 дней. Для наступления фазы восковой спелости и формирования 2,63-3,32 т/га зерна им было достаточно 2158,2-2285,5°С активных и 1129,9-1187,2°С эффективных температур (табл. 2).

Таблица 2

**Скороспелость и урожайность зернового сорго  
в климатических условиях Саратовской области  
(2004-2009 гг.)**

Сорта и линии	Период «посев-восковая спелость», дни	Урожайность зерна, т/га	Сумма температур, °С	
			активных	эффективных
Перспективный 1	104,0 а	2,63 а	2158,2 а	1129,9 а
Меркурий	104,7 а	3,16 ab	2174,7 а	1131,3 а
Огонек	105,8 ab	3,32 ab	2218,5 ab	1151,8 ab
Старт	105,7 ab	3,11 ab	2219,0 ab	1154,0 ab
Кремовое	108,7 bcd	3,04 ab	2285,5 bcd	1187,2 bc
Пищевое 614	111,8 def	3,40 b	2343,1 def	1213,1 def
Волжское 615	111,8 ef	3,32 ab	2343,1 def	1213,1 ef
Волжское 4	115,7 g	4,40 d	2401,9 fg	1235,2 ef
Пищевое 35	114,3 efg	3,74 bc	2385,4 fg	1232,1 ef
Свечи 59/60	114,5 fg	3,53 bc	2382,5 efg	1227,5 ef
Норгум 34	119,7 h	4,08 cd	2468,5 g	1261,8 f
F <sub>факт.</sub>	18,8*	5,5*	11,5*	8,6*
HCP <sub>05</sub>	3,4	0,61	85,7	44,2

**Примечание:** \*  $p < 0,05$ . Данные в колонках, обозначенные разными буквами, значимо различаются при  $p < 0,05$  в соответствии с критерием Дункана.

Сортам с более продолжительным периодом «посев-восковая спелость» (до 115,7 дней) для роста и развития требовалось 2343,1-2401,9°С активных и 1213,1-1235,2°С эффективных температур. Урожайность зерна у сортов Пи-

щевое 614, Волжское 615, Волжское 4, Пищевое 35 и Свечи 59/60 была выше, чем у более ранних, на 0,69-1,08 т/га и составила 3,32-4,40 т/га.

Самым поздним образцом Норгум 34 для наступления восковой спелости использовалось наибольшее количество тепловых ресурсов: 2468,5°С активных и 1261,8°С эффективных температур. Урожайность зерна у линии Норгум 34 была наибольшей среди изучаемых образцов (4,08 т/га), за исключением сорта Волжское 4, которому он уступил на 0,32 т/га, что свидетельствует о значительном вкладе в продуктивность не только длины вегетационного периода, но и генетических особенностей сорта.

Гидротермический коэффициент в период от посева до восковой спелости сортов и линий зернового сорго в среднем составил 0,69-0,72.

Согласно «Широкому унифицированному классификатору возделываемых видов рода *Sorghum Moench*», сорговые культуры разделены на пять групп спелости: очень ранняя (от всходов до созревания <95 дней), ранняя (96-125 дней), среднеспелая (126-155 дней), поздняя (156-185 дней) и очень поздняя (более 185 дней) [5]. Изучаемые образцы в соответствии с предложенной выше классификацией относятся к одной группе спелости (ранней), тогда как разница продолжительности вегетационного периода в 5-10 дней играет важную роль при их зональном размещении. В связи с тем, что безморозный период в Саратовской области составляет 130-165 дней, возделывание сортов с вегетационным периодом более 125 дней не обеспечивает стабильного семеноводства. С учетом климатических условий области сорта зернового сорго селекцией ФГНУ РосНИИСК «Россорго» по скороспелости разделили на три группы: ранне-, средне- и позднеспелые (табл. 3).

Таблица 3

**Скороспелость зернового сорго и степень  
использования им тепловых ресурсов  
в Саратовской области**

Признаки	Группы спелости		
	раннеспелые	среднеспелые	позднеспелые
<b>Период «всходы-цветение»</b>			
– количество дней	45-55	55-60	60-65
– сумма активных температур	950-1200	1200-1350	1350-1400
– сумма эффективных температур	500-650	650-700	700-750
<b>Период «посев-восковая спелость»</b>			
– количество дней	100-110	110-120	более 120
– сумма активных температур	2150-2350	2350-2450	более 2450
– сумма эффективных температур	1120-1220	1220-1250	более 1250

К первой группе относятся раннеспелые сорта Перспективный 1, Огонек, Меркурий, Старт и Кремовое, характеризующиеся продолжительностью межфазных периодов «всходы-цветение» 45-55 дней и «посев-восковая спелость» 100-110 дней;

во вторую группу вошли среднеспелые сорта Пищевое 614, Волжское 615, Волжское 4, Пищевое 35 и линия Свечи 59/60 с периодом от всходов до цветения 55-60 дней и 110-120 дней до восковой спелости;

третью группу представлял позднеспелый образец Норгум 34, с наиболее продолжительным периодом как «всходы-цветение» (60-65 дней), так и «посев-восковая спелость» (более 120 дней).

### Выводы

Характеристика сортов зернового сорго по скороспелости и степени использования гидротермических ресурсов позволяет специалистам сельского хозяйства более обоснованно размещать семеноводческие и производственные посевы в различных агроклиматических микрорайонах Саратовской области.

### Литература

1. Левицкая Н.Г. Современные тенденции изменения климата и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур в Нижнем Поволжье/Проблемы и пути преодоления засухи в Поволжье/Науч. тр. НИИ-ИСХ Юго-Востока, ч. 2.-Саратов, 2000.-С.33-47.
2. Левицкая Н.Г. Обзор средних и экстремальных

характеристик климата Саратовской области во второй половине XX-начале XXI века/ Н.Г. Левицкая, О.В. Шаталова, Г.Ф. Иванова//Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – № 1. – С. 30-33.

3. Ишин А.Г. Особенности технологии возделывания и использования сорговых культур в районах недостаточного увлажнения Юго-Востока и Юга Российской Федерации/ под общ. редакцией А.Г. Ишина. – Саратов, 2008.–54с.

4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта/ Б. А. Доспехов // М.: Колос, 1985.– С. 269-290.

5. Якушевский Е.С. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench*/ Е.С. Якушевский, С.Г. Варадинов, В.А. Корнейчук, Л. Баняи. – Л., 1982.–34 с.

УДК 631.5:633.854.78(470.326)

## Сроки сева подсолнечника в Тамбовской области Terms of Sunflower Sowing in the Tambov Region

**А.Ю. ЧУХЛАНЦЕВ,**  
ФГОУ ВПО Мичуринский  
ГАУ, Тамбовская область,  
г. Мичуринск  
e-mail: artemi85@mail.ru

**A. YU. CHUHLANTSEV,**  
Michurinsk State Agrarian  
University  
Tambov region, Michurinsk  
e-mail: artemi85@mail.ru

В публикуемом материале приводятся результаты трехлетнего испытания шести сроков сева: ранний (при прогреве почвы на глубине посева семян до 8-14°C) и далее с интервалом в 5 дней. Рассмотрено влияние сроков сева на поражение растений подсолнечника болезнями и урожайность в условиях Тамбовской области. В среднем за период 2008-2010 гг. наибольшая продуктивность сорта подсолнечника получена при посеве в ранние сроки - 2,04-2,09 т/га. При средних сроках посева (на 10-15 дней позже раннего) урожайность снижалась на 0,15-0,19 т/га, а при поздних (на 20-25 дней позже раннего) на 0,29-0,44 т/га.

**Ключевые слова:** подсолнечник, сроки сева, белая гниль, урожайность.

*The effects of three-year test of six sowing terms: the early one (at soil warming up to 8-14°C on the depth of seeds' sowing) and further with the interval in 5 days are resulted in the article. Influence of sowing terms on sunflower productivity and lesion by diseases in the conditions of the Tambov region is considered.*

*On the average within 2008-2010 period maximum sunflower productivity is received at early terms sowing - 2,04-2,09 ton/hectares. At average terms of crops' sowing (10-15 days later) the productivity decreased on 0,15-0,19*

*ton/hectares, and at late terms (20-25 days later) - on 0,29-0,44 ton/hectares.*

**Key words:** sunflower, sowing terms, white rot, productivity.

### Введение

Подсолнечник является главной масличной культурой в Тамбовской области, но не всегда удается получать высокие урожаи данной культуры. Одним из необходимых условий, позволяющих получать стабильно высокие урожаи подсолнечника, является посев подсолнечника в оптимальные сроки. По распространенному мнению, биологическим потребностям подсолнечника соответствуют сроки посева, при которых температура почвы на глубине заделки семян достигает 8-14°C. При более ранних сроках сева прорастание семян задерживается, всходы появляются лишь на 25-30 день, и семена подсолнечника сильно повреждаются почвообитающими вредителями и грибными болезнями. При позднем посеве, когда температура почвы достигает 14-16°C и верхний слой почвы пересыхает, всходы подсолнечника появляются только после выпадения осадков [1,2,3,4].

### Материалы и методы

В 2008-2010 гг. в ГНУ Тамбовский НИИСХ нами было проведено испытание шести сроков сева раннеспелого сорта подсолнечника Чакинский-931. В опыте семена подсолнечника высевались с момента устойчивого прогрева почвы на глубине посева семян до 8-14°C (ранний срок) и далее с интервалом в 5 дней. Опыты были заложены по методике по-

левого опыта Б. А. Доспехова [5], повторность – четырехкратная, учетная площадь делянки – 19,6 м<sup>2</sup>. В опытах по общепринятым методикам проводились фенологические наблюдения [6], учеты на поражение растений подсолнечника болезнями [7], определялась структура урожая и урожайность [8]. Из биометрических показателей определялись: высота растений, количество листьев, площадь листовой поверхности одного растения и продуктивная площадь корзинок. Определение площади поверхности листовой пластины осуществлялось по формуле [9]:

$$S = 2/3 \cdot k \cdot t$$

где: S – площадь одного листа, см<sup>2</sup>; 2/3 — поправочный коэффициент; k – длина листа, см; t – ширина листа, см. Продуктивная площадь корзинок вычислялась как разность между средними показателями общей площади поверхности корзинок и их невыполненного центра.

### Результаты исследований

Испытывалось шесть сроков сева. Первому сроку, который далее будет называться ранним, соответствовал прогрев почвы на глубине заделки семян до 8-14°C, далее посев производился с интервалом в 5 дней. Сроки сева на 10-15 дней позже первого далее будут условно обозначаться средними, а на 20-25 дней позже первого – поздними.

Рассматривая вопрос о сроках сева подсолнечника, необходимо отметить, что в годы исследований существенно различались условия увлажнения в осенне-зимний и весенний периоды. К началу вегетации 2008 (за период октябрь 2007 по апрель 2008 гг.) выпало 220 мм осадков, при среднемноголетнем показателе – 215 мм, за аналогичный период 2008-2009 гг. – только 170 мм, в 2010 году за рассмотренный период выпало 232 мм осадков. Самым неблагоприятным по обеспеченности осадками в рассматриваемые периоды был 2009 год, когда при раннем сроке сева влажность верхнего слоя почвы была на 10,2% ниже, чем годом ранее. Задержка с посевом на каждые пять дней приводила к снижению влажности почвы: в 2008 году от 34,6 до 27,1%, от 24,4 до 18,0% – в 2009 году, и с 29,9 до 23,3% – в 2010 году, в целом за май 2009 года, на который и приходился посев подсолнечника, осадков выпало только 40,9% месячной нормы, что в 2,8 раза меньше, чем в 2008 году. При этом показатель суммы активных температур за периоды от посева до всходов в 2009 году был в 1,5-2,0 раза выше, по сравнению с 2008 годом, что вместе с недостатком осадков обусловило снижение влажности почвы и создавало менее благоприятные условия для прорастания семян подсолнечника. В 2010 году при раннем сроке посева влажность поверхностного слоя почвы была на 5,3% ниже, чем в 2008 году, и на 5,2-3,5% – при последующих сроках, сумма температур выше 5°C была выше в 1,1-2,1 раз.

В 2008 году всходы подсолнечника появились за 9-11 дней, в 2009 году данный период был в среднем на 2-5 дней длиннее, что можно объяснить недостатком почвенной влаги, в 2010 году при посеве подсолнечника в сроки с первого по четвертый появлялись за 7-8 дней, а при посеве спустя 20-25 дней позже раннего срока только через 12-11 дней.

Продолжительность отдельных межфазных периодов развития подсолнечника по срокам сева различалась незначительно в годы 2008-2009, в 2010 году наблюдалось сокращение продолжительности периода всходы-цветение, при посеве через 10-15 дней позже раннего – на 3-5 дней, по сравнению с ранним сроком сева, а при посеве через 20-25 дней позже раннего – на 8-9 дней.

Было установлено, что разница в наступлении календарных дат наиболее значимых фенофаз: цветение и созревание

между двумя первыми и двумя последними сроками сева (по сравнению друг с другом) составляла 2-4 дня, а между остальными смежными сроками сева (различающимися на 5 дней) – 3-7 дней. Наиболее значительным данное различие было между ранними и поздним сроками посева.

В 2008 году продолжительность вегетации растений при раннем сроке сева составила 101 день, а по другим срокам сева – 96-99 дней, при этом календарная дата фенофазы созревания второго срока сева всего на 2 дня отставала от раннего срока. В 2009 году продолжительность данного периода при раннем сроке сева составила – 98 дней и 96-97 дней – при остальных. Самый короткий период вегетации у растений подсолнечника наблюдался в 2010 году – 91-83 дня. Анализируя представленный материал, можно сделать вывод, что посев в более ранние сроки способствовал увеличению продолжительности периода вегетации, сильнее данная тенденция проявилась в 2010 году, когда растения подсолнечника при раннем сроке сева имели период вегетации на 3-6 дней больше, чем при средних сроках сева и на 8 дней больше, чем при поздних. В среднем за три года исследований данный показатель при раннем сроке сева был выше, по сравнению со средними на 3 дня, с поздними – на 5 дней.

Посев подсолнечника на 15-25 дней позже раннего срока в 2008 году способствовал увеличению распространения прикорневой формы белой гнили до 2,0 раз, 1,3-1,7 раз – в 2009 году и в 2,0-3,0 раза – в 2010 году. По стеблевой форме белой гнили заметной разницы между вариантами не отмечалось. В 2008 году корзинок подсолнечника при раннем сроке сева поражались белой гнилью на 6,6-10,8% меньше, чем при поздних сроках, развитие болезни снижалось на 3,0-5,2%. Но в 2009 году разница между сроками сева по показателям распространения и развития корзиночной формы белой гнили была небольшой – 0,2-2,0 и 0,2-1,8%, соответственно. В 2010 году при ранних и средних сроках сева корзиночной формы белой гнили не зафиксировано, только поздние сроки посева способствовали развитию болезни в пределах 1,2-1,3%.

Распространение фузариоза было наибольшим при двух поздних сроках сева в каждый из лет исследований, по сравнению с ранним сроком данный показатель здесь был выше на 1,3-3,9%, в среднем за три года – на 2,4-2,8%. Посев подсолнечника в срок с первого по четвертый по поражению фузариозом отличается менее значительно.

Различные погодные условия и поражение растений подсолнечника болезнями в годы исследований обусловили биометрические показатели растений подсолнечника: в 2008 году высота растений составляла 198,0-207,6 см, а в условиях недостаточного обеспечения растений влагой в 2009 году только – 180,4-183,6 см, в условиях засухи 2010 года – 167,4-170,4 см. При показателе количества листьев на одном растении – 23,7-24,0 шт., 23,0-23,3 и 22,8-23,7 шт., соответственно по годам исследований, в 2009 году площадь поверхности листьев на одном растении была на 1194,4-1626,3 см<sup>2</sup>, а продуктивная площадь корзинок на 34,7-90,4 см<sup>2</sup> ниже, чем в 2008 году, а в 2010 году ниже на 2139,4-2386,4 см<sup>2</sup> и 84,9-125,1 см<sup>2</sup>, соответственно для каждого показателя, по сравнению с 2008 годом.

Влияние сроков сева на данный показатель было неодинаковым по годам, так, в 2008 году наблюдалась тенденция к увеличению площади листовой поверхности от раннего срока сева к более поздним до 4,5-4,6%, в 2009 году напротив уменьшение данного показателя при позднем посеве на 1,8-2,9%, в 2010 году существенных изменений не отмечалось. Аналогичная ситуация наблюдалась и по показателю продуктивной площади корзинок – в 2008 году при более поздних сроках сева увеличение составило 2,9-3,2%, а при средних сроках оно было максимальным – 10,7-9,4%. В

2009 году, как и по показателю площади листовой поверхности, наблюдалось уменьшение и продуктивной площади корзинок на 7,6-10,6 % при посеве спустя 15-25 дней после раннего срока сева данной культуры, в 2010 году при сроках сева на 15-25 дней позже раннего продуктивная площадь корзинок снижалась на 5,8-10,8 %.

В таблице 1 приведены показатели структуры урожая и урожайности растений подсолнечника в зависимости от сроков сева. При поздних сроках сева подсолнечника наблюдалось снижение количества корзинок к уборке на 1 гектаре с 36,0-35,6 до 31,8-33,7 тыс./га – в 2008 году, с 35,6-35,9 до 33,8-34,1 и с 35,9-36,0 до 33,8-34,1, соответственно для ранних и поздних сроков сева в 2008 и 2009 гг. Вес семян с одной корзинки в 2008 году снижался на 4,0-8,8 г (при посеве на 20-25 дней позже раннего срока сева), а урожайность уменьшалась на 0,30-0,58 т/га, хотя продуктивная площадь корзинки была при этом выше, что можно объяснить изменением показателя массы 1000 семян, которая при этих сроках сева снижалась на 1,4-3,5 г.

Таблица 1

**Структура урожая и урожайность подсолнечника в зависимости от сроков сева**

Срок сева	Среднее количество корзинок к уборке, на 1 га, тыс.шт.			Вес семян с одной корзинки, г			Масса 1000 семян, г			Урожайность, т/га			
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	среднее
ранний	36,0	35,6	35,9	68,2	63,7	42,2	74,1	70,3	63,0	2,48	2,27	1,51	2,09
через дней:													
5	35,6	35,9	36,0	67,3	63,0	40,4	73,8	70,2	62,8	2,42	2,26	1,45	2,04
10	34,5	35,2	35,6	67,5	62,3	35,9	73,3	69,2	61,7	2,35	2,19	1,28	1,94
15	34,1	34,8	35,5	67,4	61,4	34,8	72,7	68,7	60,2	2,31	2,14	1,23	1,89
20	33,8	34,3	34,1	64,2	61,0	32,8	72,1	68,2	59,1	2,18	2,09	1,12	1,80
25	31,8	33,7	33,8	59,4	60,9	28,8	70,6	67,1	58,2	1,91	2,05	0,97	1,64
НСР <sub>05</sub>							0,6	0,7	2,0	0,13	0,10	0,13	

Аналогичная тенденция по снижению показателей продуктивности отдельных растений и массы 1000 семян прослеживалась и в 2009 году, но уменьшение урожайности в этот год при задержке с посевом подсолнечника на 20-25 дней была сравнительно ниже – 0,18-0,22 т/га. В 2010 году вес семян с одной корзинки и масса 1000 семян были самыми низкими за весь период исследований, на 38,1-51,5% и на 14,8-17,9 % ниже, соответственно для первого и второго показателей по сравнению с 2008 годом. Влияние сроков сева на урожайность семян в 2010 году было аналогичным 2008-2009 гг, так, при задержке с посевом на 10-15 дней она снижалась на 0,24-0,28 т/га и на 0,40-0,54 т/га при посеве на 20-25 дней позже раннего.

Таким образом, проанализированный материал позволяет сказать, что срок сева является важным механизмом управления продуктивностью раннеспелого сорта подсолнечника Чакинский-931. При этом было установлено, что задержка с посевом семян данного сорта на 5 дней, по отношению к раннему сроку сева, не приводит к существенному падению урожайности и масличности семян, что позволяет считать первые два срока сева оптимальными. При

средних сроках посева (на 10-15 дней позже раннего) урожайность, по сравнению с ранним сроком сева, в среднем по годам, снижалась на 0,15-0,19 т/га, а при поздних (на 20-25 дней позже раннего) снижении урожайности было наибольшим и составило – 0,29-0,44 т/га.

**Выводы**

Было установлено, что при посеве подсолнечника в ранний срок (при прогреве почвы на глубине заделки семян до 8-14°C) и во второй срок (на 5 дней позже раннего) по фенологическим особенностям растения подсолнечника отличались друг от друга в пределах 2-3 дней, между другими смежными сроками сева различие в наступлении фенофаз развития было в пределах 4-6 дней.

При посеве подсолнечника через 15-25 дней позже раннего срока сева повышалось распространение прикорневой формы белой гнили в 1,3-3,1 раза, фузариоза – в 1,1-1,7 раза.

При ранних сроках сева подсолнечника (при прогреве почвы на глубине заделки семян до 8-14°C и на 5 дней позже) количество корзинок к уборке на 1 гектаре было в пределах 35,6-36,0 тысячи, а при поздних сроках сева – 31,8-33,7 тысячи шт./га; вес семян с одной корзинки – 40,4-68,2 г и 28,8-64,2 г, а масса 1000 семян – 62,8-74,1 г и 58,2-72,1 г, соответственно.

Посев подсолнечника в первые два срока сева обеспечивал получение наибольшей урожайности – 2,04-2,09 т/га. При средних сроках посева (на 10-15 дней позже раннего) урожайность снижалась на 0,15-0,19 т/га, а при поздних (на 20-25 дней позже раннего) на 0,29-0,44 т/га, в среднем за годы исследований.

**Литература**

1. Семихненко П.Г. Посев подсолнечника. // Подсолнечник. М.: Колос, 1975. – С. 335-350
2. Васильев Д.С. Подсолнечник / 2-ое издание. М.: «Агропромиздат», 1990 г. – С. 85-88.
3. Никитчин Д.М. Сроки и способы сева гибридного подсолнечника / Д.М. Никитчин, А.Е. Минковский, Ю.С. Каменев // Технические культуры. – 1992. – № 2. – С. 9-12.
4. Карташов В.П. Рекомендации по выращиванию высоких урожаев подсолнечника / В.П. Карташов, И.И. Мустафин, З.И. Мазурина – Тамбов, 2008. – 10 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 463 с.
6. Молостов А.С. Методика полевого опыта – М.: Колос, 1966. – 234 с.
7. Фитосанитарная диагностика / кол. авторов: под ред. А.Ф. Ченкина – М.: Колос, 1994. – 323 с.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, вып. 3 – Москва, «Колос», 1972. – 240 с.
9. Опытное дело в полеводстве / под ред. проф. Никитенко Г.Ф. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 76-77 с.

УДК 633.174:631.527

## Оценка пластичности и стабильности зернового сорго в условиях Саратовской области

### Plasticity and stability assessment the grain sorghum under the conditions of Saratov region

**О.П. КИБАЛЬНИК,  
Г.И. КОСТИНА,  
Д.С. СЕМИН,  
ФГНУ РосНИИСК  
«Россорго»,  
г. Саратов,  
e-mail: rossorgo@yandex.ru**

**O.P. KIBALNIK,  
G.I. KOSTINA, D.S. SEMIN,  
Federal state Scientific Institution  
«Russian Scientific, research, project and  
technological institute of sorghum and  
corn», Saratov  
e-mail: rossorgo@yandex.ru**

*Определена пластичность и стабильность сортов и гибридов зернового сорго по элементам продуктивности: высоте растений, массе зерна с одной метелки и урожайности. Высокопластичным по всем хозяйственно-ценным признакам является сорт Волжское 4, стабильным — Пищевое 35.*

**Ключевые слова:** зерновое сорго, пластичность, стабильность сортов и гибридов, урожайность.

*Flexibility and stability of varieties and hybrids of grain sorghum on efficiency elements: height of plants, weight of grain from one head and productivity are defined. Taking into account all economically valuable characters the variety "Volzhskoye 4" is the most high-flexible one and variety "Pischevoye 35" is the most stable one.*

**Key words:** grain sorghum, plasticity, stability of varieties and hybrids, productivity.

Сорго — самая засухоустойчивая и жаростойкая сельскохозяйственная культура, способная формировать высокие урожаи зерна в агроклиматических условиях Саратовской области [1]. Климат области характеризуется как среднеконтинентальный с часто повторяющимися засухами и суховеями [2], выраженными колебаниями температуры, снижением количества выпадающих осадков с северо-запада на юго-восток. Нередко погодные условия приводят к значительному снижению урожая многих зерновых и кормовых культур, тогда как сорго способно длительное время выдерживать воздушные и почвенные засухи. В производство необходимо внедрять сорта, характеризующиеся отзывчивостью на улучшение условий выращивания и стабильностью урожая зерна. Поэтому для зонального размещения сортов и гибридов сорго важно знать их адаптивный потенциал, который оценивают по величине параметров экологической пластичности и стабильности, характеризующих особенности приспособления сортов к условиям внешней среды. В связи с этим была поставлена задача протестировать адаптивные свойства сортов и гибридов зернового сорго селекции ФГНУ РосНИИСК «Россорго» по элементам продуктивности в разные годы выращивания.

#### Методика

Объектами исследований являлись девять сортов и два гибрида F1 зернового сорго селекции ФГНУ РосНИИСК «Россорго», которые различались по ряду хозяйственно-ценных признаков. Их выращивали в 2004–2009 гг. на опытном поле института. Посев сорго производился широкорядным способом во второй-третьей декадах мая. Густоту стояния растений (100 тыс. шт./га) корректировали вручную. Учетная площадь делянки составляла 25 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная. Расположение сортов и гибридов в блоках рендомизированное. Все учеты и наблюдения проводили в соответствии с общепринятой методикой [3]. Сумма активных температур (за период с 20 мая по 10 сентября) в годы изучения изменялась от 2244,1°С до 2539,0°С, количество осадков от 109,7 мм до 236,0 мм, гидротермический коэффициент (ГТК) от 0,47 до 1,02. Самыми неблагоприятными для формирования урожая зерна у сорго были 2005 г. (ГТК=0,47) и 2009 г. (ГТК=0,59). Пластичность сортов и линий тестировали по коэффициенту линейной регрессии —  $b_1$  [4], фенотипическую стабильность по коэффициенту вариации эквалентов —  $S\%(EV)_i$  [5] с использованием программы AGROS версии 2.08.

#### Результаты и обсуждение

По всем изучаемым признакам сорта и гибриды зернового сорго значимо различались. Низкорослыми (до 110 см в среднем за шесть лет) оказались сорта Меркурий, Огонек, Пищевое 614 и Старт (табл. 1). Наиболее высокими являлись гибриды F1 — Волгарь и Иргиз (146,6–168,9 см). Масса зерна с метелки также различалась в зависимости от сорта или гибрида. Наименьшая масса зерна с метелки отмечена у сорта Перспективный 1 — 4,84 г, а наибольшая у гибрида Волгарь — 29,56 г. По урожайности зерна выделялись гибриды Волгарь и Иргиз — 4,41–4,64 т/га, а также сорт Волжское 4 — 4,40 т/га.

Следует отметить, что степень колебания урожайности у сортов и гибридов в зависимости от погодных условий года была различной. Так, у сортов Пищевое 614 и Пищевое 35 отмечено незначительное колебание урожайности: в острозасушливом 2009 г. (ГТК=0,59) они формировали 3,07–3,55 т/га зерна, а в 2008 г. (ГТК=1,02) — 3,74–4,05 т/га соответственно. Сорта Волжское 4, Меркурий, Огонек и гибрид Волгарь сильнее реагировали на улучшение агроклиматических условий выращивания и давали более высокие урожаи зерна (рис. 1).

В практической селекции для оценки стабильности со-



ртов и гибридов можно использовать экваленты по Врике, которые характеризуют степень колебания признака в различных условиях внешней среды по каждому сорту отдельно в общем их взаимодействии [5]. Для облегчения интерпретации вычисляют коэффициенты вариации эквалентов. При этом используется классификация оценок эквалентов:  $S\% (EV) < 2.5$  – очень малая доля генотипа во взаимодействии генотип-среда;  $2.5 < S\% (EV) < 5.0$  – малая доля во взаимодействии;  $5.0 < S\% (EV) < 7.5$  – средняя доля во взаимодействии;  $7.5 < S\% (EV) < 10.0$  – высокая доля во взаимодействии;  $S\% (EV) > 10.0$  – очень высокая доля во взаимодействии. Малая доля во взаимодействии соответствует высокой экостабильности, а высокая – низкой экостабильности.

Таблица 1

**Характеристика сортов и гибридов зернового сорго по основным элементам продуктивности (2004-2009 гг.)**

Сорт, гибрид F1	Год районирования	Высота растений, см		Масса зерна с метелки, г		Урожайность зерна, т/га	
		$\bar{X}^1$	lim	$\bar{X}$	lim	$\bar{X}$	lim
Перспективный 1	1996	117,8	110,0-127,3	4,84	3,17-9,33	2,84	2,37-3,50
Меркурий <sup>2</sup>	-	103,8	98,0-110,0	13,02	10,37-16,33	3,16	2,38-4,20
Огонек <sup>2</sup>	-	109,1	101,7-114,7	12,02	8,70-15,20	3,32	2,37-4,01
Старт	2004	110,0	105,0-113,3	14,61	12,40-20,27	3,12	2,66-3,73
Кремовое	2008	134,6	130,0-139,7	17,25	13,33-22,40	3,07	2,56-3,47
Пищевое 614	2000	104,1	97,0-110,0	21,08	17,33-23,9	3,40	3,08-3,74
Волжское 615	2007	125,8	110,7-142,0	19,55	15,80-23,43	3,32	2,86-3,90
Волжское 4	1989	131,6	120,0-144,0	26,39	23,60-29,97	4,40	3,61-5,21
Пищевое 35	2001	141,2	120,7-160,0	25,31	24,23-26,97	3,75	3,55-4,05
Волгарь F1	2003	168,9	152,0-181,7	29,56	24,07-34,37	4,41	3,38-5,28
Иргиз F1	2005	146,6	131,7-159,7	26,79	24,50-29,10	4,64	4,0-5,03
F <sub>факт</sub> *	-	44,0*	-	61,4*	-	13,9*	-

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; <sup>1</sup> среднее значение признака за 2004-2009 гг.; <sup>2</sup> сорта, проходящие государственное испытание.

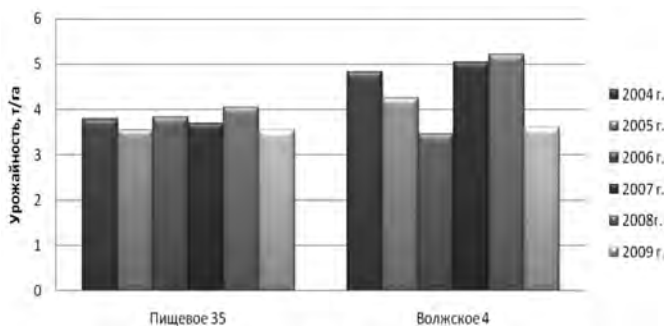


Рис. 1. Урожайность сортов зернового сорго Пищевое 35 и Волжское 4.

Согласно данной классификации, сорта Перспективный 1, Кремовое, Пищевое 614, Волжское 4 и гибриды F1 Вол-

гарь, Иргиз являются стабильными по высоте растений (табл. 2).

По массе зерна с одной метелки и урожайности взаимодействие генотип-среда выражено довольно сильно. Низкое значение коэффициента вариации эквалентов ( $S\% (EV)=4,85$ ) выявлено только у Пищевого 35, что соответствует высокой стабильности сорта как по массе зерна с метелки, так и по урожайности. Средняя доля во взаимодействии по данным показателям отмечена у сорта Пищевое 614 и гибрида F1 Иргиз. Очень сильная реакция на изменение агроклиматических условий оказалась у сортов Перспективный 1 ( $S\% (EV)=29,84$ ) и Старт ( $S\% (EV)=20,75$ ) по массе зерна с одной метелки, а по урожайности зерна у сорта Меркурий ( $S\% (EV)=19,33$ ).

Таблица 2

**Стабильность сортов и гибридов сорго по показателям урожайности зерна на основе коэффициента вариации эквалентов ( $S\% (EV)$ )**

Сорт, гибрид F1	Высота растений	Масса зерна с метелки	Урожайность зерна
Перспективный 1	4,89	29,84	10,86
Меркурий	6,37	14,28	19,33
Огонек	8,88	15,28	10,74
Старт	6,43	20,75	8,83
Кремовое	3,70	17,45	8,70
Пищевое 614	1,98	6,84	5,85
Волжское 615	6,10	12,26	11,05
Волжское 4	3,71	7,63	13,54
Пищевое 35	7,88	4,85	4,85
Волгарь F1	5,15	12,55	11,39
Иргиз F1	4,22	5,59	7,29

Под пластичностью сорта или гибрида понимают реакцию генотипа на изменение условий среды, проявляющаяся в фенотипической изменчивости [6]. Пластичность сорта или гибрида характеризуется коэффициентом линейной регрессии. При оценке коэффициента линейной регрессии используется классификация:  $b_i < 0.6$  – экстенсивная форма с очень низкой фенотипической стабильностью;  $0.6 < b_i < 0.7$  – экстенсивная форма с низкой фенотипической стабильностью;  $0.7 < b_i < 0.8$  – экстенсивная форма с пониженной фенотипической стабильностью;  $0.8 < b_i < 0.9$  – экстенсивная фенотипически высоко стабильная форма;  $0.9 < b_i < 1.1$  – очень высокая фенотипическая стабильность;  $1.1 < b_i < 1.2$  – интенсивная фенотипически высоко стабильная форма;  $1.2 < b_i < 1.3$  – интенсивная форма с пониженной фенотипической стабильностью;  $1.3 < b_i < 1.4$  – интенсивная форма с низкой фенотипической стабильностью;  $b_i > 1.4$  – интенсивная форма с очень низкой фенотипической стабильностью. Пластичность тем выше, чем меньше изменчивость комплекса его селекционно-ценных признаков в различных условиях выращивания по сравнению с другими сортами исследуемой выборки.

Регрессионный анализ по всем изучаемым признакам позволил выделить пластичный сорт зернового сорго – Волжское 4, который положительно реагировал на улучшение условий в период вегетации (табл. 3).

Новые сорта Меркурий и Огонек являются пластичными по массе зерна с метелки ( $b_i=1,22-1,35$ ) и урожайности ( $b_i=1,41-1,51$ ). Коэффициент линейной регрессии  $b_i > 1$  по высоте растений отмечен у сортов Волжское 615 (1,94) и Пищевое 35 (2,79), гибридов Волгарь (1,66) и Иргиз (1,62); по массе зерна с одной метелки у Кремового (1,69).

**Пластичность сортов и гибридов сорго по показателям урожайности зерна на основе коэффициента линейной регрессии ( $b_1$ )**

Таблица 3

Сорт, гибрид F1	Высота растений	Масса зерна с метелки	Урожайность зерна
Перспективный 1	0,68	1,12	0,76
Меркурий	0,16	1,35	1,41
Огонек	-0,54	1,22	1,51
Старт	-0,08	0,30	1,03
Кремовое	0,38	1,69	0,69
Пищевое 614	0,96	1,07	0,65
Волжское 615	1,94	0,99	0,88
Волжское 4	1,44	1,15	1,52
Пищевое 35	2,79	0,38	0,51
Волгарь F1	1,66	0,99	1,17
Иргиз F1	1,62	0,73	0,87

### Выводы

Оценка пластичности и стабильности позволяет установить существенные различия между сортами и гибридами F1 по их реакции на изменения условий внешней среды. Это особенно важно для целесообразного размещения их в различных агроклиматических микрорайонах Саратовской области. Высокопластичным по всем хозяйственно-ценным признакам является сорт Волжское 4, который даже в острозасушливые 2005 г. и 2009 г. формировал 4,25 и 3,61

т/га зерна соответственно. Новые сорта Меркурий и Огонек обладают пластичностью только по урожайности зерна. Стабильную урожайность показал сорт Пищевое 35 (3,55-4,05 т/га). Гибрид F1 Иргиз и сорт Пищевое 614 относятся к средним по стабильности массы зерна с метелки и урожайности.

### Литература

- Ишин А.Г. Особенности технологии возделывания и использования сорговых культур в районах недостаточного увлажнения Юго-Востока и Юга Российской Федерации/ под общ. ред. А.Г. Ишина /Рекомендации. – Саратов, – 2008. – 55 с.
- Левицкая, Н.Г. Обзор средних и экстремальных характеристик климата Саратовской области во второй половине XX-начале XXI века/Н.Г. Левицкая, О.В. Шаталова, Г.Ф. Иванова// Аграрный вестник Юго-Востока.. – 2009. – № 1 – С. 30-33.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.–М., 1985.–267 с.
- Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties// Crop. Sci.–1966.–V.6.–N 1.–P. 36-40;
- Wricke G. Uber line methode zur Erfassung der okologischen Stren. Breite in feldversuchen // Z. Pflanzenzuchtung. 1962. Bd. 47.–N 1.–S. 92–96;
- Кильчевский А.В. Экологическая селекция растений/ А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: «Тэхналогія», 1997.–С.64-86.

УДК 633.11:631.559 : 631.582] (470.4)

# Биологические особенности почвы и урожайность озимой и яровой пшеницы в севооборотах черноземной степи Поволжья

## Soil Biological Features and Winter and Spring Wheat Productivity in Crop Rotations of Black-Earth Steppe of the Volga Region

Ю.Ф. КУРДИУКОВ,  
Л.П. ЛОЩИНИНА, Ж.П. ПОПОВА<sup>1</sup>,  
Г.В. ШУБИТИДЗЕ,  
Ф.П. КУЗЬМИЧЕВ,  
М.В. ТРЕТЬЯКОВ,  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН,  
г. Саратов  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru  
<sup>1</sup>ВНИИ сельскохозяйственной  
микробиологии РАСХН,  
С.-Петербург – Пушкин

JU.F. KURDYUKOV,  
L.P. LOSCHININA, ZH.P. POPOVA<sup>1</sup>,  
G.V. SHUBITIDZE, F.P.  
KUZMICHEV, M.V. TRETIAKOV,  
Agricultural Research Institute of  
South-East Region  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru  
<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of  
agricultural microbiology of Russian  
Academy of Agrarian Sciences,  
St.-Petersburg – Pushkin

*Влагообеспеченность теплого периода года и качество растительных остатков в почве определяют продолжительность их разложения, направленность почвенно-микробиологических процессов, формирование пищевого режима и урожайность культур. С увеличением количества поступающих в почву однотипных трудноразлагаемых растительных остатков происходит снижение урожайности озимой и яровой пшеницы.*

**Ключевые слова:** севооборот, микроорганизмы, биологические особенности, пищевой режим, азот, урожайность.

*Moisture availability in the warm period of year and quality of the plant residues in soil determine the term of their decomposition, direction of soil and microbiological processes, formation of food regimen and crops productivity. As the quantity of homotypic hard decomposable plant residues in soil increases, winter and spring wheat productivity decreases.*

**Key words:** crop rotation, microorganisms, biological features, food regimen, nitrogen, productivity.

В агроэкосистемах довольно редко сельскохозяйственные культуры возделывают в монокультуре. При разработке любой агроэкосистемы складывается необходимость в создании одного из основных звеньев агроценозов.

Типы и виды севооборотов, степень их интенсивности предполагают воспроизводство различных объемов и разного биохимического состава органического вещества, поступающего в почву и, как следствие, неодинаковые темпы гумификации и размеры воспроизводства гумуса [1,2,3].

Источником пополнения запасов органического вещества в почве являются корневые и пожнивные остатки культур севооборотов. Оценивая влияние севооборотов на плодородие почвы и урожай, исследователи на первое место ставят прямое действие предшественников [4]. Это объяс-

няют тем, что растительные остатки предшественников являются источником органического вещества для почвенной гетеротрофной микрофлоры.

В последние годы вследствие уменьшения числа культур, продукция которых востребована на рынке, в хозяйствах вводят севообороты с короткой ротацией. Возрастает насыщенность севооборотов зерновыми культурами, сокращается биоразнообразие возделываемых культур, в том числе и средоулучшающих.

Поэтому особенно актуален вопрос выбора предшественников, оказывающих благоприятное влияние на биологические процессы, протекающие в почве.

### Материалы и методы исследований

Исследования велись в 11-польных зернопаропропашном и зернопаротравянопропашном, в 9-польном зернопаротравяном, 2, 3, 4 и 7-польных зернопаровых севооборотах. Севообороты заложены в 3-кратной повторности.

Почва опытного участка – чернозем южный, маломощный тяжелосуглинистый, с содержанием гумуса 4,5–5,1%. Уровень грунтовых вод находится на глубине 15 м. Содержание NPK в почве и растениях, количество почвенных микроорганизмов, относящихся к разным трофическим группам, определяли согласно апробированным методикам. Пробы почвы для определения содержания пожнивнокорневых остатков отбирали на закрепленных площадках в слое 0–30 см с помощью стальных стаканов диаметром 16 см в 3-кратной повторности. Пробы отмывали на решетках с диаметром отверстий 0,5 и 0,25 мм.

### Результаты исследований

На основании продолжительных исследований (12–18 лет) в стационарном опыте установлено, что в зависимости от культур, возделываемых в севооборотах, изменяется количество и качество растительных остатков, поступающих в почву после уборки. Больше их количество остается после многолетних трав – 11,08 т/га, после кукурузы количество их было 5,02, озимой ржи – 6,17, озимой пшеницы – 5,91, яровой пшеницы – 5,02, гороха – 3,84 т/га.

Возделываемые в севооборотах культуры отличаются по химическому составу. По многолетним данным, в наземной массе растений люцерны содержится 2,55 % азота, ку-

курузы на силос – 1,31%. Значительно меньше его у колосовых злаков: у озимой ржи – 0,68, озимой пшеницы – 0,58, яровой пшеницы – 0,64%. В растениях люцерны, кукурузы и гороха больше содержится фосфора и калия – соответственно 0,45 и 2,92%, 0,44 и 2,68%, 0,33 и 2,34%. Меньшее их количество содержат растения злаковых культур: у озимой ржи – 0,18 и 1,87%, озимой пшеницы – 0,14 и 1,60%, у яровой пшеницы – 0,19 и 1,79%.

К весне (до всходов ранних яровых) во всех полях севооборотов, кроме занимаемых озимыми и многолетними травами, происходит уменьшение органических остатков. В звене с занятым паром зернопаропропашного севооборота их количество изменялось от 5,23 – 7,50 т/га до 3,44 – 4,05 т, в звене с травами зернопаротравянопропашного от 7,12 – 11,64 т до 3,62 – 6,04 т/га.

Продолжительность разложения микроорганизмами органических остатков (соломы, корней) определяет питательная их ценность. Особенно трудно разлагаются и плохо используются микрофлорой пожнивные остатки зерновых культур, имеющие широкое отношение углерода к азоту. Так, уменьшение массы пожнивных остатков в пахотном слое за сельскохозяйственный год у яровой пшеницы составило 23,8%, люцерны – 45,5%. В засушливой степи Поволжья активность разложения остатков зависит не только от их качества, но и влагообеспеченности теплого периода года. При сочетании влажной осени и влажной весны органические остатки яровой пшеницы в пахотном слое разлагались на 38,1–55,8%, при неблагоприятном сочетании условий – сухая осень, засушливая весна – их разложение снижалось до 13,0–17,0% [5]. В почве под растениями вследствие иссушения пахотного слоя поживно-корневые остатки в весенне-летний период разлагаются медленнее, чем на паровых полях.

В паровом поле за сельскохозяйственный год они разлагались на 59–64%, а в течение четырех лет – на 96%.

Результаты исследований свидетельствуют, что попавшие в почву растительные остатки в течение сельскохозяйственного года не разлагаются полностью. В связи с этим в пахотном слое ежегодно масса поживно-корневых остатков состоит из заделанных в почву остатков убранной культуры и минерализованных в разной степени остатков прошлых лет. Количество остатков в почве в степных районах может увеличиваться за счет уменьшения разложения в годы с сухой осенью и весной и уменьшаться в благоприятные по увлажнению годы.

Содержание элементов питания в поступивших в почву поживно-корневых остатках зависит не только от возделываемых в севооборотах культур, но и от продолжительности нахождения их в почве. Наибольшее количество азота в остатках, представляющих смесь разной степени разложения, содержится весной 1,35–1,45%. После уборки и обработки почвы в общей массе поживно-корневых остатков содержалось 1,11–1,30% азота. Органические остатки средоулучшающих культур, в частности, многолетних трав, поступающие в почву после распашки, повышают содержание азота в находящихся в почве остатках до 1,29–1,32% осенью и до 1,48–1,57% весной.

В паровом поле зернопаропропашного севооборота от весны к посеву озимых содержание азота в остатках возрастает с 1,33–1,47%, в зернопаротравянопропашном – с 1,34 до 1,53%.

Содержание фосфора в среднем в звеньях зернопаропропашного и зернопаротравянопропашного севооборотов от осени к весне изменяется с 0,27 до 0,30, калия с 0,49 до 0,59%.

В весенне-летний период в почве одновременно протекают процессы разложения органических остатков пред-

шествующих лет и увеличения их массы за счет формируемой корневой системы растущими растениями и пожнивных остатков. Хотя содержание азота в растительных остатках после уборки культур уменьшается, но вследствие увеличения их массы количество его на 1 га возрастает [6].

В связи с тем, что растительные остатки после возделываемых в севооборотах культур имеют разную питательную ценность, изменяются состав микробных комплексов, направленность биологических процессов и фитосанитарное состояние почвы. Так, выращивание яровой пшеницы бесценно приводит к снижению биологических показателей в результате поступления в почву однотипных растительных остатков. Если в зернопаропропашном севообороте общая биогенность составляла 84 млн./г, дыхание (выделение  $\text{CO}_2$ ) – 15,3 мг/кг, накопление  $\text{NO}_3$  (актуальное) – 11,0 мг/кг, то в бесценных посевах – соответственно 76 млн./г, 6,1 и 7,2 мг/кг.

Сравнение биологических показателей плодородия почвы в бесценных посевах и звеньях севооборотов свидетельствует, что введение парового поля приводит к активизации процессов минерализации органического вещества (коэффициент минерализации 1,25 против 1,07). Особенно четко проявляется влияние на показатели биологической активности включение в севооборот, кроме пара, кукурузы. Коэффициент минерализации в зернопаропропашном севообороте повышается до 1,62, накопление нитратов – с 64 до 78 мг/кг почвы, разложение целлюлозы – с 28 до 38%. Поступление в почву труднодоступного для микрофлоры и в большом количестве органического вещества в 2–3-польных зернопаровых севооборотах приводит к замедлению микробиологических процессов, нарушению экологического равновесия в почве, размножению фитопатогенного гриба. Общая биогенность (КОЕ, млн./г почвы) в них составляла 37,2 и 31,0, в 6-польном зернопаропропашном – 44,0, в 7-польном зернопаровом – 51,2; конидий патогена в 1 г почвы – соответственно 100, 135, 45 и 50 штук [7].

С трансформацией микроорганизмами органического вещества, поступающего в почву, связано формирование пищевого режима после разных предшественников. В среднем за 11 лет после озимой ржи и пшеницы по чистому и занятому парам, проса, яровой пшеницы в слое 0–30 см к посеву яровой пшеницы накапливалось практически одинаковое количество нитратного азота – 7,2–7,7 мг/кг. Эти предшественники имеют средний фон по обеспеченности азотом. Больше его количество содержалось в почве после кукурузы – 9,1 мг и многолетних трав – 10,7 мг/кг, что является следствием повышения биологической активности.

По содержанию подвижного фосфора можно отметить тенденцию к уменьшению его количества в почве после многолетних трав, озимой пшеницы и ржи – 37,1–37,7 мг по сравнению с посевом после кукурузы, проса и яровой пшеницы – 39,7–41,3 мг/кг.

В зависимости от вида севооборота в почву парового поля поступает разное количество трудноразлагаемых растительных остатков. В частности, в 2-польном зернопаровом севообороте в паровое поле после озимых поступает большее количество остатков, чем в 7-польном после яровой пшеницы. Это ведет, как было показано выше, к снижению биологической активности почвы и ухудшению ее азотного режима.

Осенью в фазу кущения озимой пшеницы, размещенной по пару в 2-польном севообороте, в слое почвы 0–40 см в среднем за 8 лет содержалось 15,7 мг нитратного азота, в 7-польном – 18,8 мг/кг. В среднем за 4 года более 50% азота от запасов в полутораметровом слое находилось в слое 0–50 см (табл. 1).

Осадки, выпадающие в осенний период, и талые воды вымывают азот из слоя 0–50 см в нижележащие слои.

Главная особенность водного баланса в земледелии Юго-Востока – непромывной тип увлажнения почвы [8]. В засушливых районах с глубоким залеганием грунтовых вод свойствен тип слабого весеннего промачивания. Запасы влаги метровой слоя значительно ниже его наименьшей влагоемкости [9].

Черноземная или каштановая почва, в силу местных условий орошения ее атмосферными осадками, имеет воду в капельно-жидком состоянии только в период снеготаяния весной. Даже в этот период влажность в большинстве случаев никогда не достигает полной влагоемкости [10].

Долголетними исследованиями водного режима 0–300 см слоя почвы А. М. Бялый [11] установил, что сезонный влагооборот ограничивается 0–150 см слоем.

По нашим данным, количество доступной влаги под озимыми в слое 0–150 см весной (годовой максимум) в большинстве лет (более 80%) не достигало величины полевой влагоемкости.

Таблица 1

### Содержание нитратного азота в почве под озимой пшеницей по черному пару в зависимости от севооборота, кг/га

Сроки отбора проб	Слой почвы, см				
	0–30	0–50	50–100	100–150	0–150
2-польный зернопаровой					
Кущение (осенью)	45,1	69,7	36,5	24,4	130,6
Выход в трубку	11,0	23,2	55,7	36,9	115,8
Колошение	10,0	16,9	23,1	18,8	58,8
7-польный зернопаровой					
Кущение (осенью)	63,5	87,2	41,4	27,4	150,0
Выход в трубку	12,7	25,3	70,2	46,8	142,3
Колошение	18,1	28,1	37,1	23,9	89,1

Весной в фазу начала выхода в трубку озимой пшеницы в слое 0–50 см оставалось 23,2–25,3 кг азота (18–20%). Большая его часть находилась на глубине 50–150 см. По всем слоям почвенного профиля содержание нитратного азота в 7-польном севообороте было выше, чем в 2-польном.

Во всех проведенных нами определениях запаса влаги в почве весной потенциал влажности возрастает по мере углубления. Градиент влажности почвы – одна из основных причин того, что промытый в нижние слои нитратный азот в пахотный слой не поднимается, а используется растениями в тех же слоях. Следствием этого и является повышение урожайности озимых культур при внесении азотной подкормки весной.

В отличие от нитратного азота, 80–90% подвижного фосфора от общего его количества в слое 0–150 см находилось в слое 0–50 см и в период вегетации не смещалось. Обменный калий в слое 0–50 см содержался в количестве 40–45%. В 2-польном севообороте в этом слое содержалось большее количество подвижного фосфора – 183,1 кг/га против 130,0 кг и обменного калия соответственно – 1761,7 и 1659,2 кг/га, чем в 7-польном.

Количество и качество поступающих в почву органических остатков определяют урожайность озимой и яровой пшеницы. С уменьшением продолжительности ротации севооборота, повышением насыщенности зерновыми колосовыми культурами и увеличением количества труднорастворимых пожнивных-корневых остатков, поступающих в почву, наблюдается снижение урожайности озимой и яровой пшеницы.

В среднем за 14 лет урожайность озимой пшеницы в 2-польном севообороте составила 3,07 т, в 4-польном зернопаровом – 3,31 т, в 7-польном – 3,28, в 9-польном зернопаротравяном – 3,67 т/га (НСР<sub>05</sub> – 0,17 т).

Большую урожайность яровая твердая пшеница формирует при размещении по пласту многолетних трав, а мягкая – после кукурузы, проса и по обороту пласта. Наименьшую урожайность яровая мягкая и твердая пшеницы имеют в бессменных посевах и после озимой пшеницы (табл. 2).

Таблица 2

### Урожайность яровой пшеницы в зависимости от предшественников, т/га (в среднем за 18 лет)

Предшественники	Годы		
	влажные	засушливые	в среднем
Яровая твердая пшеница			
Озимая пшеница по чистому пару	2,07	0,28	1,30
Озимая пшеница по занятому пару	2,08	0,29	1,32
Озимая рожь по занятому пару	1,96	0,39	1,27
Пласт люцерны	2,41	0,41	1,60
Пласт люцерны с запашкой надземной массы	2,65	0,47	1,74
Яровая пшеница бессменно	1,74	0,20	1,09
НСР <sub>05</sub> т	0,26	0,24	0,18
Яровая мягкая пшеница			
Озимая пшеница по чистому пару	1,88	0,56	1,32
Кукуруза	2,18	1,04	1,54
Просо	2,03	1,12	1,54
Яровая пшеница	2,11	0,76	1,50
Оборот пласта люцерны	2,42	0,93	1,65
Яровая пшеница бессменно	1,61	0,73	1,14
НСР <sub>05</sub> т	0,29	0,31	0,17

### Выводы

1. В засушливой степи Поволжья пожнивных-корневых остатки разлагаются в течение двух и более лет. Продолжительность разложения определяет питательная их ценность для микроорганизмов и условия влагообеспеченности в теплый период.

2. Масса растительных остатков в пахотном слое уменьшается к весне, и она состоит из минерализованных в разной степени остатков прошлых лет. В это время в них содержится наибольшее количество азота. Введение в севооборот средоулучшающих культур повышает содержание азота в остатках.

3. Поступление в почву труднодоступного для микроорганизмов органического вещества в бессменных посевах и 2–3-польных севооборотах приводит к замедлению микробиологических процессов, размножению фитопатогенного гриба.

4. С трансформацией микроорганизмами растительных остатков, находящихся в почве, связано формирование пищевого режима в разных севооборотах и после предшественников. С уменьшением количества труднорастворимых растительных остатков в почве повышается содержание нитратного азота в пахотном и более глубоких слоях почвогрунта.

5. В засушливой степи в большинстве лет количество доступной влаги в слое 0–150 см ниже полевой влагоемкости и при глубоком залегании грунтовых вод складыва-

ется непромывной тип увлажнения почвы. Вследствие повышения потенциала влажности почвы по мере углубления нитратный азот, промытый осенними осадками и талой водой в слой почвы ниже 50 см, в пахотный слой не поднимается.

6. С увеличением количества трудноразлагаемых растительных остатков, поступающих в почву парового поля или после предшественника, урожайность озимой и яровой пшеницы снижается.

### Литература

1. Милащенко Н.З. Зональные системы земледелия и воспроизводство плодородия почв. /Н.З. Милащенко // Вестн. с.-х. науки, 1987. – № 3. – С. 34–40.
2. Hammuda G., Adams W.A. The decomposition numification and fate of nitrogen during the compositing oh some Plant resides. Conpost: Prod. Gual. and ase.: Proc. symp. –London; N. V. Udine, 1986 (1987). –S. 245–253.
3. Kirchmann H., Bergqvist R. Carbon and nitrogen mineralisation of white clover plants (*Trifolium repens*) of different age during aerobic incubation with soil //Z. Pflanzenernahr. Bodenk. –1989. –Bd. 152, № 4. –S. 281–286.
4. Ellemr F., Muller P. Prinzipien der Fruchtfolgeproektierung //Jag. –Ber. (Akad. Landwirtsch. –Wiss., DDR). –Berlin, 1988. Jg. 621. –S. 313–19.
5. Фокеев П.М. Накопление и использование влаги в полях яровой пшеницы на обыкновенном черноземе Саратовской области. /П. М. Фокеев, Н.С. Хомутова // Учен. зап. Сарат. гос. пединститута. –1966. –Вып. 45. –С. 93–100.
6. Курдюков Ю.Ф. Динамика растительных остатков под культурами севооборотов и их влияние на биологическую активность почвы. /Ю.Ф. Курдюков, Л.П. Лоцинина, Ж.П. Попова [и др.] //Сб. науч. тр. /ГНУ НИИСХ Юго–Востока РАСХН. – Саратов, 2009. – С. 248–256.
7. Возняковская Ю.М. Оценка биологического состояния южного чернозема под разными севооборотами. /Ю.М. Возняковская, Ю.Ф. Курдюков, Л.П. Лоцинина, Ж.П. Попова //Почвоведение. – 1996. – № 9. – С. 1107–1111.
8. Шульмейстер К.Г. Борьба с засухой и урожаем. /К.Г. Шульмейстер. –М.: Колос, 1975. – 334 с.
9. Вериго С.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве. /С.А. Вериго, Л.А. Разумова. – Л.: Гидрометеиздат, – 1963. –289 с.
10. Тулайков Н.М. Избранные труды. /Н.М. Тулайков. (Классики отечественной с.-х. науки). К 125–летию со дня рождения. М.: Россельхозакадемия, 2000. – С.547.
11. Бялый А.М. Водный режим в севообороте на черноземных почвах Юго–Востока. /А.М. Бялый. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 231 с.

УДК 551.577.38:633.1:631.559(470.4)

## Засухи в Поволжье и их влияние на производство зерна

### Droughts in the Volga Region and Their Influence to Grain Production

Н.Г. ЛЕВИЦКАЯ<sup>1</sup>,  
О.В. ШАТАЛОВА<sup>1</sup>, Г.Ф. ИВАНОВА<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН  
г. Саратов  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru  
<sup>2</sup>Саратовский госуниверситет,  
г. Саратов  
e-mail: vigalol@mail.ru

N.G. LEVITSKAYA<sup>1</sup>,  
O.V. SHATALOVA<sup>1</sup>, G.F. IVANOVA<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>Agricultural Research Institute of  
South-East Region, Saratov  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru  
<sup>2</sup>The Saratov State University,  
Saratov  
e-mail: vigalol@mail.ru

Показана повторяемость и динамика вероятности различного типа засух, а также оценка их интенсивности по гидротермическому коэффициенту (ГТК) за 120-летний период (1891–2010 гг.). Дана агрометеорологическая характеристика наиболее жестких засух. Приведено снижение урожайности зерновых культур и валовых сборов зерна в Саратовской области в годы с различными типами засух.

**Ключевые слова:** засуха, тип засухи, повторяемость, интенсивность, осадки, урожайность, валовой сбор зерна.

*Repeatability, dynamics of various types' droughts possibility and also estimation of their intensity on hydrothermic factor for the last 120 years (1891-2010) is shown in the article. The agrometeorological characteristic of the most severe droughts is given. Decrease in productivity of grain crops and gross yield of grain in the Saratov region in years with various types of droughts is resulted.*

**Key words:** drought, drought type, repeatability, intensity, deposits, productivity, gross yield of grain.

Частая повторяемость засух и суховеев в Поволжье является главной особенностью климата региона, что существенно снижает его сельскохозяйственный потенциал. Поэтому изучению и оценке этих явлений в регионе всегда уделялось повышенное внимание [1, 2, 3].

В условиях нестационарности и глобального потепления климата проблема мониторинга и оценки засухливых явлений, а также выявления тенденции их изменения во времени и пространстве приобрела особый практический интерес.

Цель данной работы состояла в оценке повторяемости и агрометеорологических особенностей засух различного типа и интенсивности за 120-летний период (1891–2010 гг.), определении динамики вероятности атмосферных и почвенных засух и их влияния на производство зерна в регионе.

Материалом для исследований послужили результаты наблюдений наиболее длиннорядных метеостанций, расположенных в различных почвенно-климатических зонах Саратовской области, а также данные по средней областной урожайности зерновых культур и валовым сборам зерна, взятые из статистических сборников.

Исследования проводились с помощью методов скользящих средних, вероятностного и статистического анализов.

В агрометеорологии различают три вида засух: атмосферную, почвенную и общую. Атмосферная засуха характеризуется большой сухостью воздуха и обычно предшествует почвенной. Почвенная засуха возникает вследствие усиленного испарения почвенной влаги до пределов недостаточных для нормального роста и развития растений. Общая засуха наступает, когда атмосферная и почвенная засухи наблюдаются одновременно.

По времени наступления засухи в регионе делят на ранние весенние, весенне-летние, поздние летние, осенние и устойчивые, охватывающие 2–3 сезона. По интенсивности и охвату территории засухи делят на очень сильные, сильные, средние и слабые.

Наиболее удобным показателем для оценки интенсивности атмосферных засух за многолетний период является гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК =  $\sum_{oc.} / 0,1 \sum_{>10}^{0}$ ). В данной работе были использованы следующие критерии этого показателя: ГТК ≤ 0,3 – очень сильная засуха; ГТК = 0,4 – 0,5 – сильная засуха; ГТК = 0,6 – 0,7 – средняя засуха; ГТК = 0,8 – 0,9 – слабая засуха. Оценка ГТК проводилась за отдельные месяцы вегетации, в целом за основной период вегетации зерновых (май–июль) и предпосевный и посевной период озимых (август–сентябрь).

Проведенный анализ показал, что в целом за 120-летний период в регионе наблюдалось 66 засух, т.е. повторяемость их составила 55%.

Сравнительный анализ повторяемости различного типа засух в последний 30-летний (1981–2010 гг.) и предшествующий 90-летний (1891–1980 гг.) периоды свидетельствует о том, что в целом она увеличилась с 51 до 67%. При этом наиболее заметно увеличилась повторяемость весенне-летних и устойчивых засух (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная оценка повторяемости (%) различного типа засух за 120, 90 и 30-летний периоды

Тип засухи	1891–2010 гг.		1891–1980 гг.		1981–2010 гг.	
	ч.с.	%	ч.с.	%	ч.с.	%
Ранняя весенняя	14	12	12	13	2	7
Весенне-летняя	18	15	11	12	7	23
Поздняя летняя	12	10	8	9	4	13
Осенняя	3	2	2	1	1	3
Устойчивая	19	16	13	14	6	20
Всего засух	66	55	46	51	20	67

Анализ повторяемости засух по годам показывает, что засухи в регионе довольно часто могут повторяться 2 года подряд. Например, засухи 1897 и 1898 гг., 1905 и 1906 гг., 1920 и 1921 гг., 1938 и 1939 гг., 1942 и 1943 гг., 1954 и 1955 гг., 1971 и 1972 гг., 1991 и 1992 гг., 1995 и 1996 гг., 1998 и 1999 гг., 2009 и 2010 гг. Иногда засухи могут повторяться 3 года подряд. Например, засухи 1965, 1966 и 1967 гг., 1979, 1980 и 1981 гг., а в период с 1959 по 1963 гг. засухи наблюдались 5 лет подряд. Наибольшей повторяемостью (15–16%) отличаются весенне-летние и устойчивые засухи, практически с равной вероятностью (10–12%) могут наблюдаться ранние весенние и поздние летние засухи. Осенние засухи чаще являются продолжением сильных летних засух, а как отдельно возникшее осенью явление они наблюдались лишь в 1942, 1974 и 1989 годах.

Для выявления тенденций изменения засушливости климата в работе были исследованы закономерности динамики вероятностей атмосферных засух разной интенсивности по следующим скользящим 20-летним периодам: 1891–1910, 1892–1911, ... 1991–2010 гг.

Анализ данных, представленных на рис. 1, показал, что в целом за 120-летний период (1891–2010 гг.) в регионе наблюдались периоды повышенной и пониженной вероятности засух разной интенсивности. Особенно наглядно это обстоятельство проявляется в динамике всех атмосферных засух и засух очень сильной интенсивности. Так, период с 1891 по 1936 гг. характеризовался небольшими, а 1938–1981 гг. высокими вероятностями всех засух.

Наибольшая вероятность засух очень сильной интенсивности наблюдалась в период с 1940 по 1975 гг., а наименьшая – в период 1976–2009 гг. Необходимо отметить также, что в последние годы наблюдается последовательный рост засух сильной и средней интенсивности, вероятность которых по сравнению с началом периода увеличилась на 10%.

Для характеристики почвенных засух в работе был использован критерий М.С. Кулика, согласно которому декады с запасами почвенной влаги в слое почвы 0–20 см менее 10 мм в период от посева до кущения зерновых считаются сухими и свидетельствуют о начале почвенной засухи.

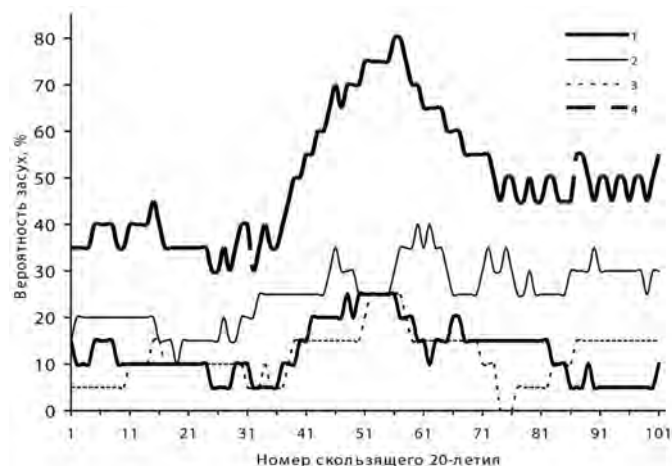


Рис. 1. Динамика вероятности (%) засух различной интенсивности по скользящим 20-летиям за период 1891–2010 гг. по м/с Саратов ЮВ,

1 – очень сильные засухи, 2 – сильные засухи, 3 – средние засухи, 4 – все засухи

Для идентификации почвенной засухи в период выход в трубку – колошение в качестве критерия принимаются запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, составля-

ющие менее 60 мм, а в период созревания – менее 25 мм [4].

Проведенный анализ показал, что вероятность почвенной засухи к началу сева озимых культур колеблется от 15% в лесостепных до 27% в сухостепных районах области. Условия сева ранних яровых культур по оценке вероятности почвенных засух заметно благоприятнее. За период с 1951 по 2010 гг. вероятность почвенной засухи в посев яровых изменялась от 0 до 3–4% (табл. 2). В период выход в трубку – колошение условия засушливости как для озимых, так и для ранних яровых культур усиливаются, особенно в сухостепных и полупустынных районах Левобережья, где вероятность почвенной засухи возрастает до 56–68%. В период созревания озимых культур вероятность почвенной засухи в слое почвы 0–100 см составляет в Правобережье 20–30%, в Левобережье – 75–80%, ранних яровых соответственно 20–48 и 74–76%.

Таблица 2

Вероятность (%) почвенных засух под озимой и яровой пшеницей в различные периоды вегетации за 1951–2010 гг.

Природная зона	Период вегетации				
	посев	кущение	выход в трубку	колошение	созревание
Озимая пшеница					
Лесостепь	16	18	7	9	21
Засушливая черноземная степь	18	17	11	14	30
Сухая степь	27	21	36	56	80
Полупустыня	29	22	39	59	75
Яровая пшеница					
Лесостепь	0	0	6	10	20
Засушливая черноземная степь	0	2	14	21	48
Сухая степь	3	7	45	67	74
Полупустыня	3	14	49	68	76

Для более детальной характеристики агроклиматических условий засушливости вегетационных периодов озимых и ранних яровых культур в работе была использована такая характеристика, как число декад с почвенной засухой в целом за период вегетации, которая позволяет учесть биологическую особенность конкретной сельскохозяйственной культуры и продолжительность периода ее вегетации.

Анализ распределения этой характеристики по территории области показал, что число декад с почвенной засухой изменяется от 0 до 8. Наибольшее число таких декад отмечается в период вегетации озимых культур. Чтобы учесть разницу в продолжительности вегетационного периода озимых (16 декад) и ранних яровых (9 декад), было рассчитано процентное соотношение числа сухих и нормально увлажненных декад под каждой культурой. Согласно полученным данным в правобережных районах области под ранними яровыми это соотношение составляет 6–14%, под озимыми – 11–17%, а в левобережных соответственно 50–52 и 39%. В среднем засушливость вегетационного периода яровой пшеницы в левобережных районах области более чем в 5 раз превышает степень засушливости условий ее вегетации в правобережных районах. Это обстоятельство необходимо обязательно учитывать при размещении озимых и яровых культур по микрорайонам области.

Сравнительная оценка числа сухих декад за вегетационный период озимых и ранних яровых культур за три после-



довательных 20-летия (1951-1970, 1971-1990 и 1991-2010 гг.) свидетельствует о тенденции снижения интенсивности почвенных засух в период 1991-2010 гг. (рис.2).

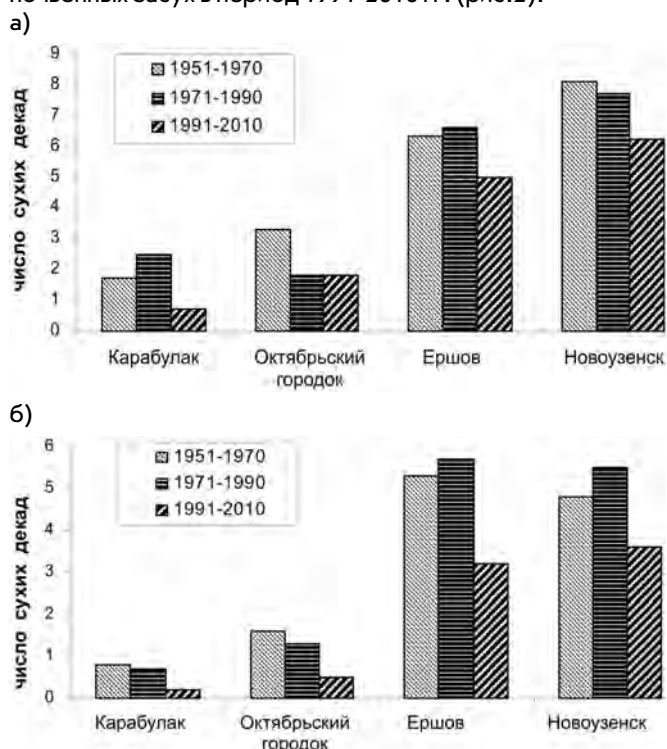


Рис. 2. Среднее число сухих декад за вегетационный период озимых (а) и яровых (б) культур по отдельным 20-летиям

Проведенный анализ показал, что наиболее резкое снижение урожайности и валовых сборов зерна в регионе наблюдается в годы устойчивых засух. Средняя по области урожайность яровых культур в такие годы отклоняется от тренда на 48-60%, озимых – на 33%, а валовые сборы зерна составляют в среднем 2,1 млн.т (табл.3). В годы с ранними весенними засухами наибольшее снижение урожая наблюдается у озимых культур – 26% тренда.

Таблица 3

### Влияние различного типа засух на валовые сборы зерна и урожайность основных зерновых культур в Саратовской области, 1961-2010 гг.

Тип засухи	Валовой сбор зерна, млн.т	Отклонение урожайности от тренда, %			
		озимая пшеница	яровая пшеница	ячмень	просо
Ранняя весенняя	2,7	-26	-13	-18	-18
Весенне-летняя	3,6	-3	-25	-20	-24
Поздняя летняя	4,4	9	12	10	-9
Устойчивая	2,1	-33	-48	-60	-58

В годы с весенне-летними засухами урожайность озимых культур отклоняется от тренда всего на -3%, поэтому они играют роль страховых культур. Яровые зерновые при этом снижают урожайность на 20-25% тренда.

К наиболее жестоким засухам последнего полувека следует отнести засухи 1972, 1975, 1998 и 2010 гг. Каждая из сильных засух имела свои агрометеорологические особенности.

Засухе 1972 г. предшествовала холодная малоснежная зима. Температура воздуха в январе была на 5-7<sup>0</sup> ниже обычной. Сумма осадков за январь-февраль составила в среднем по области всего 6 мм или 10% нормы. Высота снежного покрова была небольшой, особенно в левобе-

режных районах области – от 3 до 10 см. Экстремально высокий температурный режим (на 3-4<sup>0</sup> выше нормы) установился уже в апреле, а в среднем за май-июль положительная аномалия температуры составила 2,8-3,2<sup>0</sup>. В дневные часы максимальные температуры воздуха поднимались до 37-39<sup>0</sup>. Засуха сопровождалась длительными бездождными периодами, большой сухостью воздуха и сильным перегревом почвы. Сумма осадков за май-июль в среднем по области составила 56 мм, или 45% нормы, а число дней с относительной влажностью воздуха менее 30% изменялось от 60 до 78. Гидротермический коэффициент за май-июль в среднем по области составил 0,3. Влагообеспеченность зерновых культур была плохой, растения повреждались засухой, при созревании было щуплое зерно. Средняя по области урожайность зерновых составила 5,6 ц/га, валовой сбор зерна – 2,1 млн. т.

Засуха 1975 г. была такой же сильной, как засуха 1972 г. Засухе предшествовала засушливая осень, теплая с оттепелями и умеренно снежная зима. Весна была ранней и очень теплой. Уже в апреле средняя температура воздуха превышала норму на 6,8-8,8<sup>0</sup>. Сумма осадков в левобережных районах области изменялась от 2 до 6 мм, в правобережных в основном от 6 до 15 мм. Запасы почвенной влаги быстро уменьшались, стали возникать суховейные явления. В мае-июне наблюдалась очень жаркая сухая погода с дневными температурами 32-38<sup>0</sup> (местами 40<sup>0</sup>) и интенсивными суховейными явлениями. Средняя по области сумма осадков в мае составила 10% нормы, в июне – 30% нормы. У растений засыхали листья и стебли, на ряде площадей в Левобережье зерновые культуры погибли полностью. Урожайности зерновых культур вследствие жестокой засухи 1975г. составила всего 3,6 ц/га, а валовой сбор зерна 1,5 млн. т.

Наибольший урон зерновому хозяйству области был нанесен засухой 1998 г. По продолжительности и интенсивности засушливых явлений засуха 1998 г. не имела себе аналогов за весь предшествующий период наблюдений. Бездождный период в большинстве районов области начался 13 апреля и продолжался 81 день (до 3 июля). В Саратове за этот период выпало 13 мм осадков, что составило 12% нормы, а в ряде юго-восточных районов области сумма осадков не превысила 1 мм. В среднем по области за май-июль выпало 50 мм осадков, что составило 40% нормы. Интенсивное нарастание температур началось в последние дни мая, а в дальнейшем экстремально высокий температурный режим сохранялся в течение большей части июня и июля. Во второй декаде июня среднесуточные температуры воздуха превышали норму на 10-12<sup>0</sup>, максимальный дефицит влажности воздуха поднимался до 40-50 гПа, относительная влажность воздуха понижалась до 15-20%. Всего за май-июль было отмечено 50 дней с относительной влажностью воздуха менее 30%. Все эти показатели свидетельствуют о чрезвычайно сильной интенсивности засушливых явлений.

Сложившиеся условия привели к полной гибели яровых культур на значительных площадях, особенно в левобережных районах области. Повсеместно хлеба отличались низкорослостью и мелким колосом. Зерно сформировалось щуплым, а в отдельных районах не сформировалось совсем. Лишь в части северных и центральных районов Правобережья, где в июне-июле прошли хорошие ливневые дожди, на отдельных полях был получен неплохой урожай. Средняя по области урожайность зерновых составила всего 3,9 ц/га, а валовой сбор зерна 1,2 млн.т.

Засухе 2010 г. предшествовала аномально холодная зима с большим количеством осадков. Средняя за декабрь-февраль температура воздуха была на 0,8-1,2<sup>0</sup> ниже нормы. Морозы в декабре-январе достигали 30-34<sup>0</sup>. Сумма зимних осадков составила в среднем по области 160 мм, или

178% нормы. Весна была ранней, отличалась повышенным температурным режимом и дефицитом осадков. В мае наиболее жаркой и сухой была первая декада месяца. В дальнейшем экстремально высокий температурный режим установился с начала июня и сохранялся до конца сентября. Средняя за май-июль температура воздуха в Саратове превысила норму на 4,6<sup>0</sup>. Такой положительной аномалии температур в основной период вегетации зерновых культур не наблюдалось за весь предшествующий период наблюдений. Сумма осадков за май-июль составила в среднем по области 26% нормы. Посевы озимых культур в засуху 2010 г. отличались очень малым количеством продуктивных стеблей и мелким колосом. При созревании зерно отличалось повышенной щуплостью. На посевах яровых культур отмечалось преждевременное засыхание листьев нижнего и среднего яруса, а в дальнейшем и полное засыхание растений. В августе засуха достигла наибольшей силы. Средняя месячная температура воздуха была на 5,0-6,6<sup>0</sup> выше обычной. Дождей в августе и первой половине сентября практически не было совсем, что создавало исключительно неблагоприятные условия для сева озимых культур.

В сложившихся условиях урожайность озимой пшеницы на опытных полях НИИСХ Юго-Востока колебалась от 12 до 20 ц/га, яровой пшеницы от 1,5 до 3 ц/га, проса от 3,5 до 7 ц/га. Валовой сбор зерна в области по предварительным данным составил около 1,1 млн. т.

Одним из путей уменьшения отрицательного воздействия засух на производство зерна в регионе является их заблаговременный прогноз, который позволил бы выбрать правильное соотношение культур и сортов, определить оптимальные агротехнические приемы возделывания сельскохозяйственных культур и сроки их применения.

Вопросом поиска периодичности в наступлении засух занимались многие исследователи [5,2,6]. В ряде случаев было установлено, что большая группа лет, заканчивающихся на единицу, отличалась повышенной засушливостью (1891, 1901, 1911, 1921, 1931, 1951, 1961, 1971, 1981, 1991) [7].

П.Г. Кабанов на основе изучения материалов за 120-летний период удалось установить, что засушливые годы в Поволжье идут циклами (приблизительно через 32-33 года) с повторяемостью внутри каждого цикла через определенное число лет. Циклы, налагаясь друг на друга, создают сложное чередование засушливых и влажных лет. Начало циклам в исследуемый автором период было положено засухами 1859, 1891, 1924 и 1957 гг. При этом засухи цикла 1891 г. имели повторяемость через 10 и 15 лет, цикла 1924 г. – через 11 и 15 лет, цикла 1957 г. – через 10 и 15 лет [3].

В данной работе приводится оправдываемость установленной цикличности, которая показывает, что отдельные периодические колебания, полученные эмпирическим путем, отличаются достаточно высокой степенью вероятности. Например, засухи, повторяющиеся через 15 лет, во всех трех циклах имели оправдываемость 100%, а засухи в годы, заканчивающиеся на единицу, оправдывались в 83% лет (табл. 4).

Таблица 4

#### Цикличность засух по Кабанову П.Г. и оценка их оправдываемости в Поволжье за 1891-2010гг.

Начальный год цикла					
1891 г.		1924 г.		1957 г.	
Периодичность					
10 лет	15 лет	11 лет	15 лет	10 лет	15 лет
1891'	1891'	1924'	1924'	1957'	1957'
1901'	1906'	1935	1939'	1967'	1972'
1911'	1921'	1946'	1954'	1977'	1987'
1921'	1936'	1957'	1969'	1987'	2002'
1931'	1951'	1968	1984'	1997	2017
1941	1966'	1979'	1999'	2007	
1951'	1981'	1990	2014	2017	
1961'	1996'	2001			
1971'	2011	2012			
1981'					
1991'					
2001					
2011					
% оправдываемости засух					
83	100	50	100	67	100

Примечание: ' - значок, подтверждающий факт засухи

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что данную цикличность с определенной степенью вероятности можно использовать в практике сельскохозяйственного производства для фоновой оценки ожидаемых условий увлажнения.

#### Литература

1. Давид Р.Э. Избранные работы по сельскохозяйственной метеорологии / Р.Э. Давид.- Л.: Гидрометеоздат, 1965.-226 с.
2. Кабанов П.Г., Кастров В.Г. Засухи в Поволжье / П.Г. Кабанов, В.Г. Кастров // Науч. тр. НИИСХ Юго-Востока.-1972.-Вып.31. Погода и засухи в Поволжье.-С.5-102.
3. Кабанов П.Г. Погода и поле / П.Г. Кабанов.- Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1975.-240с.
4. Кулик М.С. Агроклиматические показатели засух / М.С. Кулик // Вопросы агрометеорологии. - Л.: Гидрометеоздат, 1958.-С.70-75.
5. Дроздов О.А. Засухи и динамика увлажнения / О.А. Дроздов.- Л.: Гидрометеоздат, 1980.-95с.
6. Селянинов Г.Т. Происхождение и динамика засух / Г.Т. Селянинов // Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай. -Л.: Гидрометеоздат, 1958.-С.5-30.
7. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и продуктивность зерновых культур / Е.С. Уланова // Метеорология и гидрология. - 1984.- №5.-С.95-100.

## К 80-летию Василия Михайловича Бебякина

### Dedicated to 80th anniversary of Bebyakin Vasily Mikhaylovich

**БЕБЯКИН Василий Михайлович родился 8 августа 1930 года в деревне Задний Мыс Вилегодского района, Архангельской области, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории качества зерна ГНУ НИИ сельского хозяйства Юго-Востока.**

В.М. Бебякин в 1963 году с отличием окончил агрономический факультет Кировского сельскохозяйственного института (ныне Вятская сельскохозяйственная академия). Свою научную работу начал в 28 лет с организации лаборатории качества в Кировской области. За три года молодому руководителю удалось создать работоспособный коллектив, лаборатория была оснащена лучшим по тому времени оборудованием. В 1970 году защитил кандидатскую диссертацию. С ноября 1971 года работает в НИИСХ Юго-Востока старшим научным сотрудником. В 1983 году был назначен руководителем отдела «Биохимия и качество зерна». В этой должности проработал до 1999 года. В 1986 году им была успешно защищена докторская диссертация на тему «Теоретические и прикладные аспекты оптимизации селекции пшеницы на качество урожая в условиях Юго-Востока».

Сегодня В.М. Бебякин – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории качества зерна НИИСХ Юго-Востока. В научном сообществе России заслуженно признан одним из ведущих специалистов по качеству зерновых культур. Василий Михайлович опубликовано около 400 научных работ. Научные изыскания под руководством профессора Бебякина, отличаются высоким методическим уровнем, многоплановостью, новизной и доказанностью результатов. Особенностью исследований является и то, что они проводятся на стыке наук: селекции, биохимии, технологии, генетики и физиологии растений.

В.М. Бебякиным изучена эффективность современных методов оценки качества зерна мягкой и твердой пшеницы, разработаны 7 новых методик и модификаций оценки качества зерна, особенно важны для селекции додецилсульфатная седиментация и метод флуоресцентного зондирования. Выявлена лимитированность и информативность показателей качества пшеницы и ржи в связи с селекцией; изучена их генотипическая обусловленность и сопряженность между ними на фенотипическом, генотипическом и генетическом уровнях; минимизирована оценка качества зерна в процессе селекции и многое другое. Василий Михайлович является одним из авторов сортов яровой мягкой пшеницы Ершовская 32 (авторское свидетельство № 3655) и Эритроспер-

мум 5 (авторское свидетельство № 5550).

Одно из главных достижений многолетней научной деятельности Василия Михайловича Бебякина – создание активно действующей научной школы по качеству зерна в тесной связи с селекцией. Под руководством ученого защищено 20 кандидатских диссертаций по специальности 06.01.05 – селекция и семеноводство. Исследования, проводимые под его руководством, в лаборатории качества зерна НИИСХ Юго-Востока, получили признание не только в России, но и за рубежом. Василий Михайлович Бебякин является почетным членом Нью-йоркской академии наук, он принимал участие в программе Научно-исследовательского центра США и Университета штата Мичиган, а также в программе исследований Международного центра сельскохозяйственных исследований в засушливых регионах ИКАРДА. Василий Михайлович Бебякин постоянный член Проблемного совета по качеству зерна при Российской академии сельскохозяйственных наук, входит в состав диссертационного совета ГНУ НИИСХ Юго-Востока и СГУ им. Н.Г. Чернышевского. С 2009 года член редакционной коллегии и эксперт всероссийского научно-практического журнала «Аграрный вестник Юго-Востока».

Многолетняя плодотворная научно-педагогическая деятельность, безупречная научная репутация, принципиальность и ответственность снискали Василию Михайловичу Бебякину заслуженный авторитет и глубокое уважение в научном сообществе.

С наилучшими пожеланиями и сердечными поздравлениями,

Дирекция ГНУ НИИСХ Юго-Востока,  
Редакционная коллегия и редакция журнала  
«Аграрный вестник Юго-Востока»



# ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В ЖУРНАЛЕ «АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК ЮГО-ВОСТОКА»

## Цели издания журнала:

- публикация результатов научно-исследовательских работ, теоретических и экспериментальных исследований, выполняемых в научно-исследовательских институтах сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук, в учреждениях Академии наук Российской Федерации, на предприятиях, высших учебных заведениях, в российских организациях и за рубежом, а также результатов исследований, выполненных по личной инициативе авторов;
- публикация статей, освещающих современное состояние отдельных проблем и достижения сельскохозяйственной науки;
- публикация материалов научных конференций, симпозиумов, совещаний и информации о российских и зарубежных научных школах;
- освещение результатов внедрения в производство научных работ, передового отечественного и зарубежного опыта.

Рекомендуемые научные направления статей для опубликования в журнале: селекция и семеноводство, защита растений, технологии, земледелие, механизация, почвоведение, экология, животноводство, экономика и др.

В научно-практическом журнале «Аграрный вестник Юго-Востока» публикуются оригинальные и научно-практические статьи (экспериментальные, методические, рекомендательные), аналитические обзоры, рецензии, хроники, персоналии, интервью и другая информация, в том числе рекламного характера.

В статье необходимо кратко изложить состояние дел по изучаемой проблеме со ссылками на публикации. В экспериментальных статьях должны быть указаны: цели, задачи, условия и методы исследований; подробно представлены результаты экспериментов и их анализ; сделаны выводы и даны предложения производству. В статье следует по возможности выделять следующие блоки: введение; цель и задачи исследований; условия, материалы и методы исследований; результаты исследований; выводы.

К статье прилагаются: перевод названия на английском языке, аннотация на русском и английском языке, ключевые слова на русском и английском языке, код УДК, библио-

графический список. В тексте ссылка на источник отмечается соответствующей цифрой в квадратных скобках. В списке литературы приводятся только те источники, на которые есть ссылка в тексте. Использование цитат без указания источника информации запрещается.

Объем публикации 5...11 страниц.

## Требования к текстам:

Файл представляется только в форматах \*.doc или \*.rff.

Текст набирается шрифтами Times или Arial, 14-м кеглем, без абзацных отступов и переносов, с полуторным интервалом.

Таблицы разрешается выполнять в Word'e или Excel'e, инфографику – в Excel'e.

Фотографии представляются в формате \*.jpg, разрешение для черно-белых – 200 dpi, для цветных – 300 dpi.

Статьи необходимо направлять с сопроводительным письмом, с указанием сведений об авторах (фамилия, имя, отчество – полностью, ученая степень, место работы и занимаемая должность) на русском и английском языке, с контактными телефонами и адресами электронной почты для обратной связи.

В случае невозможности перевода на английский язык требуемой информации перевод осуществляет редакция журнала.

Один экземпляр рукописи, подписанный авторами, и статью в электронном виде нужно отправлять по адресу: **410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7, ГНУ НИИСХ Юго-Востока, журнал «Аграрный вестник Юго-Востока».**

Для ускорения выхода в свет материалы для публикации и сведения об авторах в электронном виде можно направлять по адресу: [agrovest@mail.ru](mailto:agrovest@mail.ru)

Сайт журнала в Интернете: <http://www.ariser.narod.ru/agrovestnik.html>

## Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Несоответствие статьи по одному из перечисленных пунктов может служить основанием для отказа в публикации.

Все рукописи, содержащие сведения о результатах научных исследований, рецензируются, по итогам рецензирования принимается решение о целесообразности опубликования материалов.