

ISSN 0021-342X

# ИЗВЕСТИЯ

## ТИМИРЯЗЕВСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

Научно-теоретический журнал  
Российского государственного аграрного университета —  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

*Сообщаются результаты экспериментальных, теоретических и методических исследований в различных областях сельскохозяйственной науки и практики, выполненных в разных природно-экономических зонах страны*

Основан в 1878 году  
6 номеров в год

**Выпуск**

**6**

**ноябрь – декабрь**

Москва  
Издательство РГАУ-МСХА  
2014

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР — д. э. н., проф.,  
засл. деятель науки РФ **В.И. Нечаев**

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА  
д. э. н., проф., засл. деятель науки РФ **А.В. Голубев**  
д. б. н., проф., акад. РАН **В.И. Кирюшин**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.э.н., проф., акад. РАН **В.М. Баутин**, д. с.-х. н., проф. **С.Л. Белопухов**,  
к. с.-х. н. **М.Е. Бельшкينا**, к. с.-х. н. **Е.В. Березовский**, проф. **Р. Valentini** (Италия),  
д. б. н., проф. **И.И. Васнев**, д. э. н., проф., чл.-корр. РАН **А.М. Гатаулин**,  
проф. **W. Gerd** (Германия), д. с.-х. н., проф. **С.А. Грикшас**, д. б. н., проф. **Ф.С. Джалилов**,  
к. с.-х. н. **А.А. Дручек**, д. с.-х. н., проф., акад. РАН **Н.Н. Дубенок**,  
д. в. н., проф. **Г.П. Дюльгер**, д. э. н., проф., чл.-корр. РАН **А.П. Зинченко**,  
д. б. н., проф. **А.А. Иванов**, д. с.-х. н., проф. **А.В. Исачкин**,  
д. б. н., проф., акад. НАНУ и НААНУ **Д.А. Мельничук** (Украина),  
к. с.-х. н. **Г.Ф. Монахос**, д. б. н., проф. **В.Д. Наумов**, д. с.-х. н., проф. **И.Г. Платонов**,  
д. б. н., проф. **С.Я. Попов**, д. х. н., проф. **Н.М. Пржевальский**,  
д. с.-х. н., проф. **А.К. Раджабов**, д. с.-х. н., проф. **Г.В. Родионов**, к. б. н., доц. **В.С. Рубец**,  
д. э. н., доц. **Н.М. Светлов**, к. б. н., доц. **О.В. Селицкая**, к. соц. н. **Н.А. Смоленникова**,  
д. б. н., проф. **А.А. Соловьев**, д. б. н., проф. **И.Г. Тараканов**, д. б. н., проф. **С.П. Торшин**,  
к. с.-х. н., доц. **Р.Р. Усманов**, д. б. н., проф. **Л.И. Хрусталева**,  
д. с.-х. н., проф. **С.Н. Харитонов**, д. с.-х. н., проф. **В.А. Черников**,  
д. т. н., проф. **И.Н. Шило** (Беларусь), д. с.-х. н., проф. **А.С. Шувариков**,  
д. с.-х. н., проф. **Ю.А. Юлдашбаев**, д. с.-х. н., доц. **Г.Г. Юсупова**

*Редакция*

**М.Е. Бельшкينا** — зав. редакцией  
**Т.К. Иванова** — компьютерный набор и верстка  
**А.Ю. Бурмистрова** — перевод на английский язык

Журнал входит в перечень  
ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК

Журнал включен в базу данных AGRIS  
и в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

Правила оформления научных статей для опубликования в журнале  
«Известия ТСХА» размещены в Интернете (<http://www.journal.timacad.ru>)

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2014  
© Издательство РГАУ-МСХА, 2014

ISSN 0021-342X

**IZVESTIYA**

of  
Timiryazev Agricultural Academy

Scientific-theoretical Journal  
of Russian Timiryazev State Agrarian University

*Results of experimental, theoretical and methodical investigations  
into different spheres of agricultural science and practice  
carried out in various natural-economic zones  
of the country are published in the journal*

Founded in 1878  
6 issues per year

**Issue**

**6**

**November – December**

Moscow  
Publishing house of Russian Timiryazev State Agrarian University  
2014

EDITOR-IN-CHIEF – Dr. of Economics, Professor,  
Honoured Science Worker of the Russian Federation **V.I. Nechaev**

ASSISTANT CHIEF EDITORS: Dr. of Economics, Professor,  
Honoured Science Worker of the Russian Federation **A.V. Golubev**,  
Dr. of Biology, Professor, a member of RAS **V.I. Kiryushin**

#### EDITORIAL BOARD

Dr. of Economics, Prof., a member of RAS **V.M. Bautin**, Dr. of Agricultural sciences,  
Prof. **S.L. Byelopukhov**; PhD in Agricultural sciences **M.E. Belyshkina**;  
PhD in Agricultural sciences **E.V. Berezovskiy**; Prof. Dr. **R. Valentini** (Italy);  
Dr. of Biology, Prof. **I.I. Vasenev**; Dr. of Economics, Prof.,  
corresponding member of RAS **A.M. Gataulin**; Prof. Dr. **W. Gerd** (Germany);  
Dr. of Agricultural sciences, Prof. **S.A. Grikshas**; Dr. of Biology, Prof. **F.S. Dzhililov**;  
PhD in Agricultural sciences **A.A. Druchek**; Dr. in Agricultural sciences,  
Prof., a member of RAS **N.N. Dubenok**; Dr. of Veterinary, Prof. **G.P. Dyulger**;  
Dr. of Economics, Prof., corresponding member of RAS **A.P. Zinchenko**;  
Dr. of Biology, Prof. **A.A. Ivanov**; Dr. of Agricultural sciences, Prof. **A.V. Isachkin**;  
Dr. of Biology, Prof., a member of NASU and NAASU **D.A. Melnichuk** (Ukraine);  
PhD in Agricultural sciences **G.F. Monakhos**; Dr. of Biology, Prof. **V.D. Naumov**;  
Dr. of Agricultural sciences, Prof. **I.G. Platonov**; Dr. of Biology, Prof. **S.Ya. Popov**;  
Dr. of Chemical sciences, Prof. **N.M. Przhivalskiy**, Dr. of Agricultural sciences,  
Prof. **A.K. Radzhabov**; Dr. of Agricultural sciences, Prof. **G.V. Rodionov**;  
PhD in Biology, Associate Prof. **V.S. Rubets**; Dr. of Economics, Associate Prof. **N.M. Svetlov**;  
PhD in Biology, Associate Prof. **O.V. Selitskaya**; PhD in Social science **N.A. Smoleninova**;  
Dr. of Biology, Prof. **A.A. Soloviev**; Dr. of Biology, Prof. **I.G. Tarakanov**;  
Dr. of Biology, Prof. **S.P. Torshin**; PhD in Agricultural sciences,  
Associate Prof. **R.R. Usmanov**; Dr. of Biology, Prof. **L.I. Khrustalyova**;  
Dr. of Agricultural sciences, Prof. **S.N. Kharitonov**; Dr. of Agricultural sciences,  
Prof. **V.A. Chernikov**; Dr. of Engineering sciences, Prof. **I.N. Shilo** (Republic of Belarus);  
Dr. of Agricultural sciences, Prof. **A.S. Shuvarikov**; Dr. of Agricultural sciences,  
Prof. **Yu.A. Yuldashbaev**; Dr. of Agricultural sciences, Associate Prof. **G.G. Yusupova**

#### EDITORIAL STAFF

**M.E. Belyshkina** — managing editor

**T.K. Ivanova** — computer design and making-up

**A.Yu. Burmistrova** — translation into English

The journal is included in the list of both leading scientific journals  
and publications under review of VAK (Higher Attestation Commission)

The journal is also included in both AGRIS database  
and in Russian index of scientific quoting (RINTS)

Rules of scientific articles typography for publishing in the journal "Izvestiya of TAA"  
are put on the internet at this address (<http://www.journal.timacad.ru>)

No fee is charged from postgraduates for publications

© Federal State Budget Establishment of Higher Education –  
Russian Timiryazev State Agrarian University, 2014

© Publishing House of Russian Timiryazev State Agrarian University, 2014

УДК 577.21:633.111:633.14

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАМЕЩЕНИЯ 2R/2D СРЕДИ СОРТООБРАЗЦОВ  
ЯРОВОЙ ГЕКСАПЛОИДНОЙ ТРИТИКАЛЕ (*×TRITICOSECALE WITTM.*)**

А.Д. КОРШУНОВА, М.Г. ДИВАШУК, Г.И. КАРЛОВ, А.А. СОЛОВЬЕВ

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*Анализ коллекции 86 сортообразцов яровой гексаплоидной тритикале различного географического происхождения показал наличие замещения 2R/2D у 17 образцов, все они являются селекционными линиями. Ни один из исследованных коммерческих сортов не несет замещения. У линии Л2412 было выявлено замещение 2B/2D.*

*Ключевые слова:* тритикале, замещение 2R/2D, *Ppd-D1*, замещение 2B/2D, ДНК-маркеры.

Благодаря способности тритикале давать большие урожаи зерна и биомассы в широком диапазоне почвенно-климатических условий, на сегодняшний день ее выращивают в 42 странах мира на площади свыше 3,8 млн га. Однако у этой культуры имеется ряд недостатков, таких как высокорослость, подверженность прорастанию на корню, низкие хлебопекарные качества [1, 2, 6]. Одним из решений этих проблем является замещение отдельных хромосом ржи хромосомами D-генома пшеницы.

Среди сортов и линий озимой гексаплоидной тритикале (AABBRR) широкое распространение получило замещение 2R/2D [1, 14]. **Наличие замещения 2R/2D** помогает решать такие проблемы, как чрезмерная высота растений, сильная подверженность прорастанию на корню, позднее созревание. Также наличие хромосомы 2D в геноме озимой гексаплоидной тритикале **увеличивает урожайность** этой культуры и качество получаемого зерна [2, 11, 14]. Эффект, оказываемый хромосомой 2D, может быть обусловлен наличием важного гена, положительно влияющего на многие хозяйственно-ценные признаки, — *Ppd-D1*. Наличие доминантного аллеля *Ppd-D1a* снижает высоту растений пшеницы на 10 см и ускоряет наступление фазы цветения, уменьшая их жизненный цикл в среднем на неделю, что позволяет лучше переносить засуху [19, 20]. Также наличие аллеля *Ppd-D1a* обеспечивает увеличение урожайности от 9% в регионах с длинным днем до 50% в регионах с коротким днем.

Встречаемость замещения 2R/2D достаточно широко изучалась среди сортов и линий озимой тритикале благодаря его положительному влиянию на хозяйственно-ценные признаки [1, 2, 14]. Но среди сортообразцов яровой тритикале подобные исследования не проводились. В этой работе мы исследуем коллекцию яровой гексаплоидной тритикале на наличие замещения 2R/2D.

## Методика исследований

Материалом служила коллекция яровой гексаплоидной тритикале кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Она состояла из 86 образцов (23 сорта и 63 селекционные линии) различного географического происхождения (табл.).

### Характеристика сортов и линий яровой гексаплоидной тритикале по происхождению, наличию замещения 2R/2D и аллелям гена *Ppd-D1*

| Название сорта/<br>селекционной линии | Происхождение    | Xwmc111 | Xgwm349 | Sec2 | 2R/2D | Аллель гена<br><i>Ppd-D1</i> |
|---------------------------------------|------------------|---------|---------|------|-------|------------------------------|
| Белорусский*                          | Беларусь         | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Лана*                                 | Беларусь         | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Ульяна*                               | Беларусь         | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Узор*                                 | Беларусь         | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Gabo*                                 | Польша           | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Dublett*                              | Польша           | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Gredo*                                | Польша           | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Legalo*                               | Польша           | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Wanad*                                | Польша           | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Abaco*                                | Польша           | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Activo*                               | Польша           | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Арта 59*                              | Россия           | –       | –       | +    | –     | –                            |
| 131/7**                               | Россия           | +       | +       | +    | –     | <i>b</i>                     |
| Ярило*                                | Россия           | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Амиго*                                | Россия           | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Память Мережка*                       | Россия, Беларусь | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Карменн*                              | Россия, Беларусь | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Норманн*                              | Россия, Беларусь | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Укро*                                 | Россия, Украина  | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Хлебодар харьковский*                 | Украина          | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Соловей Харьковский*                  | Украина          | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Харьковский 1*                        | Украина          | –       | –       | +    | –     | –                            |
| Sandro*                               | Швейцария        | –       | –       | +    | –     | –                            |

Продолжение таблицы

| Название сорта/<br>селекционной линии | Происхождение | Xwmc111 | Xgwm349 | Sec2 | 2R/2D | Аллель гена<br><i>Ppd-D1</i> |
|---------------------------------------|---------------|---------|---------|------|-------|------------------------------|
| PI 587265                             | Австралия     | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| K-1752                                | Беларусь      | -       | -       | +    | -     | -                            |
| K-1763                                | Беларусь      | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| K-1767                                | Беларусь      | -       | -       | +    | -     | -                            |
| K-1220                                | Бурунди       | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| K-1200                                | Испания       | -       | -       | +    | -     | -                            |
| K 1202                                | Испания       | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| K 1203                                | Испания       | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| K-1185                                | Мексика       | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| K-1433                                | Мексика       | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| K-1190                                | Мексика       | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| K 1186                                | Мексика       | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| PI 422258                             | Мексика       | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| PI 422260                             | Мексика       | -       | -       | +    | -     | -                            |
| PI 519877                             | Мексика       | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| PI 520445                             | Мексика       | -       | -       | +    | -     | -                            |
| PI 520484                             | Мексика       | -       | -       | +    | -     | -                            |
| PI 429082                             | Польша        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| Presto//Tesmo                         | Польша        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| T 327                                 | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| T 323                                 | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| T 324                                 | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| T 328                                 | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| T 329                                 | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| T 348                                 | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| Мексика 38                            | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| Мексика 57                            | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| Мексика 55                            | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| ПРАГ 557                              | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |

Продолжение таблицы

| Название сорта/<br>селекционной линии | Происхождение | Xwmc111 | Xgwm349 | Sec2 | 2R/2D | Аллель гена<br><i>Ppd-D1</i> |
|---------------------------------------|---------------|---------|---------|------|-------|------------------------------|
| ПРАГ 554(8)                           | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| ПРАГ 554/1                            | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| ПРАГ 554/2                            | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| ПРАГ 418                              | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| ПРАГ 500/1                            | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| ПРАГ 511                              | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| ПРАГ 553 (20)                         | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| ПРАГ 553 (5)                          | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| ПРАГ 553(3)                           | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| ПРАГ 553/1                            | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| ПРАГ 553/2                            | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| Л 1338                                | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| Л 2412                                | Россия        | +       | +       | +    | -     | <i>a</i>                     |
| Л 8112                                | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| Лена 1270                             | Россия        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| Rosner 612                            | США           | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| К-1242                                | США           | -       | -       | +    | -     | -                            |
| С 191                                 | США           | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| PI 559373                             | США           | -       | -       | +    | -     | -                            |
| PI 587279                             | США           | -       | -       | +    | -     | -                            |
| PI 587388                             | США           | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| PI 587531                             | США           | -       | -       | +    | -     | -                            |
| PI 587548                             | США           | -       | -       | +    | -     | -                            |
| К-1922                                | Чехословакия  | +       | +       | -    | +     | <i>a</i>                     |
| PI 429153                             | Швейцария     | -       | -       | +    | -     | -                            |
| PI 429157                             | Швеция        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| PI 429159                             | Швеция        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| PI 429151                             | Швеция        | -       | -       | +    | -     | -                            |
| PI 429158                             | Швеция        | -       | -       | +    | -     | -                            |



| Название сорта/<br>селекционной линии | Происхождение | Xwmc111 | Xgwm349 | Sec2 | 2R/2D | Аллель гена<br><i>Ppd-D1</i> |
|---------------------------------------|---------------|---------|---------|------|-------|------------------------------|
| PI 429160                             | Швеция        | –       | –       | +    | –     | –                            |
| PI 429162                             | Швеция        | –       | –       | +    | –     | –                            |
| K-1068                                | Эфиопия       | –       | –       | +    | –     | –                            |
| PI 428904                             |               | +       | +       | –    | +     | <i>a</i>                     |
| PI 429031                             |               | +       | +       | –    | +     | <i>a</i>                     |

\* Сорта яровой гексаплоидной тритикале.

\*\* Присутствует хромосома 2D и транслокация T2RS.2RL-2BL [12].

Геномную ДНК выделяли из 3-дневных проростков по методу Bernatzky и Tanksley [10] с некоторыми модификациями.

Наличие замещений определяли при помощи молекулярных маркеров: SSR (Xwmc111 (2DS), Xgwm349 (2DL), Xbarc168 (2DS), Xgwm102 (2DS), Xgwm484 (2DS), Xgwm539 (2DL), Xbarc271 (1DL), Xbarc149 (1DS)); STS (Sec2 (2RS)) [16]; PLUG (TNAC1204, TNAC1176) [17]. Условия проведения ПЦР с маркерами на микросателлиты были аналогичны описанным в статьях Lapin et al., Дивашук и др. [16, 3]. Продукты амплификации маркеров TNAC1204 и TNAC1176 рестрицировали с помощью эндонуклеазы рестрикции BsuR I при температуре 37°C в течение ночи.

Определение аллельного состояния гена *Ppd-D1* проводили с помощью праймеров Ppd-D1\_F, Ppd-D1\_R1, Ppd-D1\_R2 [9].

Продукты ПЦР разделяли в 2%-ном агарозном геле в буфере TBE и окрашивали бромистым этидием для последующей визуализации в УФ-трансиллюминаторе.

## Результаты и их обсуждение

### Распространение замещения 2R/2D

Распространение замещения 2R/2D определялось среди 86 сортов и линий коллекции яровой гексаплоидной тритикале кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Достоверно определить наличие или отсутствие замещения 2R/2D можно при использовании набора маркеров на микросателлиты: Xwmc111 (2DS, 11 сМ по карте сцепления), Xgwm349 (2DL, 93,2 сМ) и Sec2 (2RS) [8, 12, 15]. С помощью этих маркеров в нашей коллекции обнаружено замещение 2R/2D у 17 (19,5%) образцов (табл.). У этих образцов также было проверено наличие хромосомы 1D для подтверждения того, что образцы несут замещение, а не полный набор хромосом генома D (октоплоиды). Для выявления хромосомы 1D использовались два микросателлитных маркера: Xbarc271 (1DL) и Xbarc149 (1DS). Амплификации данных маркеров не было ни у одного из образцов. На основании этого, а также фенотипической оценки растений можно считать, что выявленные образцы являются гексаплоидными и несут замещение 2R/2D.

Из 17 образцов с замещением 2R/2D 6 были получены нами из Мексики, 3 — из США, 2 — из Испании и по одному — из Чехословакии, Бурунди, Австралии и Беларуси. У двух российских линий присутствует хромосома 2D. Среди польских,

украинских, швейцарских, шведских и эфиопских сортообразцов замещение 2R/2D не выявлено.

Среди сортообразцов изучаемой коллекции замещение 2R/2D встречалось относительно часто (19,5%). Однако все образцы, несущие это замещение, являются селекционными линиями. Из 23 анализируемых коммерческих сортов не выявлено ни одного с замещением 2R/2D. Это может быть связано с какими-либо негативными эффектами замещения у яровой тритикале [8] или с селекционным процессом при получении сортов, в родословных которых отсутствовали образцы с замещениями.

#### *Определение аллельного состояния гена Ppd-D1*

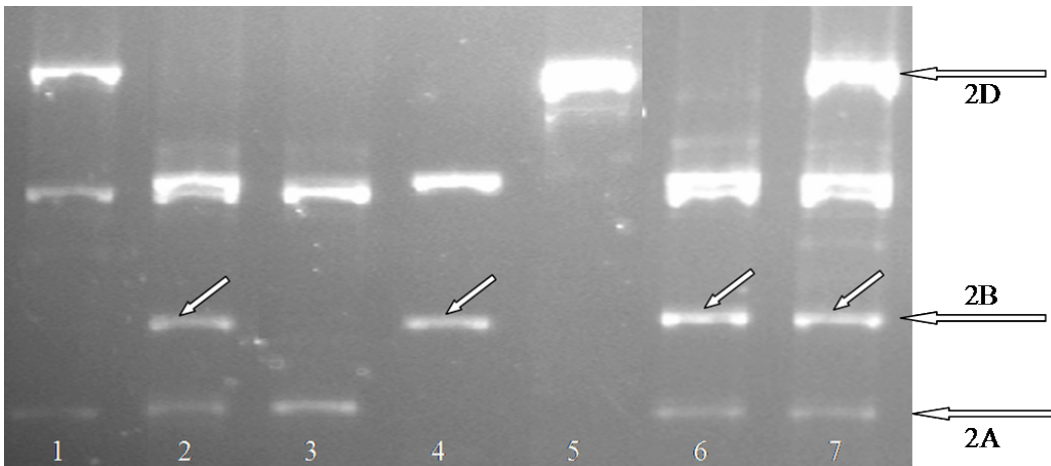
Показано, что образцы озимой тритикале с замещением 2R/2D устойчивы к прорастанию на корню, имеют более короткую соломину, быстрее созревают и имеют более выполненное зерно [1, 4, 11, 14]. Это может быть обусловлено наличием хромосомы 2D как таковой [18] или тем, что на этой хромосоме локализован ген нечувствительности к фотопериоду *Ppd-D1*. Известно, что аллель *Ppd-D1a* оказывает сильное влияние на высоту растений, а также ускоряет наступление фазы цветения растений, уменьшая их жизненный цикл в среднем на неделю, и увеличивает урожайность [18, 19].

Образцы, несущие замещение 2R/2D, проверили на наличие аллеля нечувствительности к фотопериоду *Ppd-D1a*. У всех образцов с замещением был найден аллель *Ppd-D1b*, который не влияет на чувствительность к фотопериоду. Аллель *Ppd-D1a* был нами обнаружен только у сортообразца 131/7, несущего хромосому 2D и транслокацию T2RS.2RL-2BL [12]. Возможной причиной однообразия по гену *Ppd-D1* может быть то, что изначально было ограниченное количество образцов, несущих замещение 2R/2D, и именно от них происходило распространение замещения среди тритикале. Исключение, образец 131/7, было получено на кафедре генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева путем скрещивания гибридов F<sub>1</sub> (пшеница сорт Воронежская × яровая рожь сорт Селенга) с яровой тритикале (неизвестный образец). Единственный образец из исследуемой коллекции (131/7), несущий хромосому 2D с аллелем *Ppd-D1a*, в настоящее время проходит сортоиспытание (Соловьев А.А., личное сообщение).

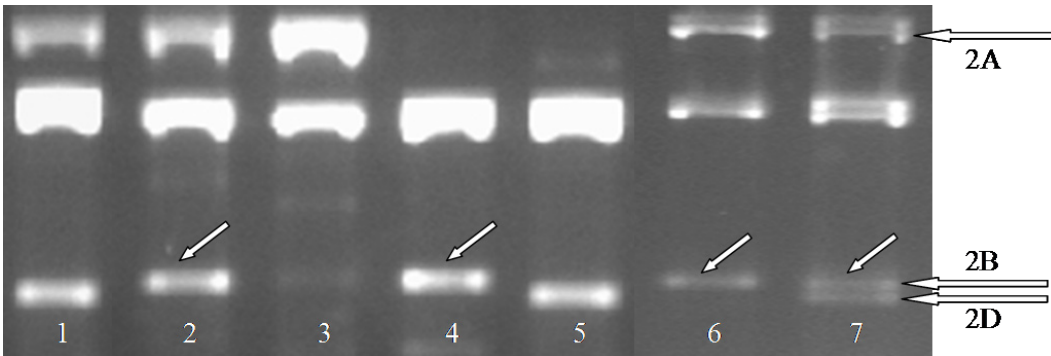
#### *Определение замещения у образца Л2412*

При анализе на наличие замещения 2R/2D у образца Л2412 амплифицировались фрагменты молекулярных маркеров как с хромосомы 2D, так и с хромосомы 2R. Для выявления наличия целой хромосомы 2D были использованы еще 4 микросателлитных маркера на короткое и длинное плечи хромосомы 2D: Xbarc168 (2DS, 46,7 сМ по карте сцепления), Xgwm102 (2DS, 48,2 сМ), Xgwm484 (2DS, 40,7 сМ), Xgwm539 (2DL, 90,2 сМ). Были получены продукты амплификации со всех 4-х маркеров, т.е. образец Л2412 несет целую хромосому 2D. Чаще всего замещения происходят между гомеологичными хромосомами. Поэтому для выявления замещаемой хромосомы мы использовали маркеры PLUG на вторую гомеологичную группу хромосом.

Для выявления замещения были применены маркеры TNAC1176 на короткие плечи хромосом второй гомеологичной группы и TNAC1204 на длинные плечи с последующей обработкой амплифицированных фрагментов эндонуклеазой рестрикции BsuR I. Результаты представлены на рисунках 1 и 2.



**Рис. 1.** Рестрицированные фрагменты продуктов ПЦР TNAC1176 с использованием эндонуклеазы рестрикции BsuR I: 1 — Л2412; 2 — *Triticosecale* Wittm. (AABBRR); 3 — *Triticum boeoticum* (AA); 4 — *Aegilops Aushceri* (BB); 5 — *Aegilops Taushii* (DD); 6 — *Triticum durum* (AABB); 7 — *Triticum aestivum* (AABBDD). Стрелками обозначены фрагменты, амплифицирующиеся с генома В



**Рис. 2.** Рестрицированные фрагменты продуктов ПЦР TNAC1204 с использованием эндонуклеазы рестрикции BsuR I: 1 — Л2412; 2 — *Triticosecale* Wittm. (AABBRR); 3 — *Triticum boeoticum* (AA); 4 — *Aegilops Aushceri* (BB); 5 — *Aegilops Taushii* (DD); 6 — *Triticum durum* (AABB); 7 — *Triticum aestivum* (AABBDD). Стрелками обозначены фрагменты, амплифицирующиеся с генома В

Из рисунка 2, где представлены рестрицированные фрагменты продуктов ПЦР TNAC1176 (короткие плечи хромосом второй гомеологической группы), следует, что у образца Л2412 отсутствует фрагмент, амплифицирующийся у *Aegilops Aushceri* (BB). На рисунке 3, где представлены результаты рестрикции продуктов TNAC1204 (длинные плечи хромосом второй гомеологической группы), у образца Л2412 также отсутствует фрагмент, амплифицирующийся у *Aegilops Aushceri* (BB). Таким образом, выявлено, что образец Л2412 несет замещение 2B/2D.

Замещение 2В/2D, представляет большой интерес с точки зрения влияния этого замещения на хозяйственно-ценные признаки яровой тритикале. Линия Л2412 является перспективной для использования ее в качестве донора в селекционном процессе, т.к. объединяет в себе хромосому 2R, положительно влияющую на устойчивость к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды и хромосому 2D, на которой локализованы гены короткостебельности и чувствительности к фотопериоду.

### Заключение

Таким образом, замещение 2R/2D выявлено у 17 из 63 селекционных линий яровой гексаплоидной тритикале. Среди 23 сортов, представленных в коллекции, это замещение не обнаружено. Аллель *Ppd-D1a* не был найден ни у одной из линий с замещением 2R/2D. Благодаря полученным данным селекционные линии, несущие замещение 2R/2D и 2В/2D, **можно будет включать в схемы скрещиваний для переноса аллеля *Ppd-D1a***, а также для улучшения ряда хозяйственно-ценных признаков яровой гексаплоидной тритикале.

### Библиографический список

1. Баженов М.С., Дивашук М.Г., Пыльнев В.В., Карлов Г.И., Рубец В.С. Изучение образцов озимой тритикале на наличие хромосомных замещений и их связь с устойчивостью к прорастанию на корню // Известия ТСХА. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2011. Вып. 2. С. 20–26.
2. Баженов М.С., Пыльнев В.В., Тараканов И.Г. Влияние факторов окружающей среды на покой семян и прорастание зерна в колосе озимой тритикале // Известия ТСХА. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2011. Вып. 6. С. 30–38.
3. Дивашук М.Г., Карлов Г.И., Соловьев А.А. Использование микросателлитных маркеров для идентификации пшенично-ржаной транслокации у гексаплоидной тритикале // Известия ТСХА. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2007. Вып. 1. С. 61–65.
4. Куркиев К.У. Характер наследования признака высота растения у образцов гексаплоидного тритикале // Исходный материал зерновых, овощных культур и проблемы селекции в условиях Южного Дагестана: Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. СПб.: ВИР, 2000. 158. С. 83–87.
5. Куркиев К.У., Тырышкин Л.Г., Колесова М.А., Куркиев У.К. Идентификация генов короткостебельности *Rht2* и *Rht8* у образцов гексаплоидного тритикале с помощью ДНК маркеров // Вестник ВОГиС. 2008. Т. 12. Вып. 3. С. 372–377.
6. Нуеен Т.Т. Линь, Митрошина О.В., Пыльнев В.В., Рубец В.С. Оценка устойчивости образцов коллекции озимой тритикале к прорастанию на корню // Известия ТСХА. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2011. Вып. 1. С. 71–84.
7. Ahmad M. Theoretical and Applied Genetics, 2000. V. 101. P. 892–896.
8. Bazhenov M.S., Divashuk M.G., Kroupin P.Yu., Pylnev V.V. and Karlov G.I. The effect of 2D(2R) substitution on agronomical traits of triticale in early generations of two connected crosses // Cereal Research Communications, 2014 (в печати).
9. Beales J., Turner A., Griffiths S., Snape J.W., Laurie D.A. A pseudo-response regulator is misexpressed in the photoperiod insensitive *Ppd-D1a* mutant of wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theoretical and Applied Genetics. 2007. 115. P. 721–733.
10. Bernatzky R., Tanksley S.D. Genetics of actin-related sequences. Theoretical and Applied Genetics. 1986. 72. P. 314–321.
11. Budak H., Stephen B.P., Beecher B.S., Graybosch R.A., Campbell B.T., Shipman M.J., Erayman M., Eskridge K.M. The effect of introgressions of wheat D-genome chromosomes into «Presto» triticale // Euphytica, 2004. 137. P. 261–270.
12. Divashuk M.G., Kroupin P.Yu., Soloviev A.A., Karlov G.I. Molecular Cytogenetic Characterization of the Spring Triticale Line 131/7 Carrying a Rye–Wheat Translocation // Russian

Journal of Genetics. 2010. 46(2). P. 185–190. (Дивашук М.Г., Крутин П.Ю., Соловьев А.А., Карлов Г.И. Молекулярно-цитогенетическая характеристика линии яровой тритикале 131/7, несущей ржано-пшеничную транслокацию // Генетика. 2010. Т. 46. № 2. С. 211–217.)

13. Friebe B., Jiang J., Raupp W.J., McIntosh R.A., Gill B.S. Characterization of wheat-alien translocations conferring resistance to diseases and pests: current status // Euphytica. 1996. 91. P. 59–87.

14. Kurkiew K.U. Inheritance of Plant Height in Hexaploid Triticales with R/D Substitution // Russian Journal of Genetics. 2008. 44. P. 1080–1086. (Наследование высоты растения у гексаплоидных форм тритикале с замещением R/D // Генетика. 2008.)

15. Lapin D., Divashuk M., Soloviev A. The identification of D-genome in some spring triticales lines // Acta Agriculturae Serbica, 2007. 12. P. 41–50.

16. Lee J.H., Graybosch R.A., Lee D.J. Detection of rye chromosome 2R-using the polymerase chain reaction and sequence-specific DNA primers // Genome. 1994. 37. P. 19–22.

17. Lijun H.U., Guangrong L.I., Haihian Z., Cheng L., Zujun Y. New chromosome-specific molecular markers for identifying wheat-Thinopyrum intermedium derivative lines // Journal of Genetics. 2012. 91. P. 69–74.

18. Rebetzke G.J., Richards R.A. Gibberellic acid-sensitive dwarfing genes reduce plant height to increase kernel number and grain yield of wheat // Aust J Agric Res. 2000. 51. P. 235–245.

19. Worland A.J., Sayers E.J., Korzun V. Allelic variation at the dwarfing gene Rht8 locus and its significance in international breeding programmes // Euphytica. 2001. 119. P. 150–155.

20. Worland A.J. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats // Euphytica. 1996. 89. P. 49–57.

## DISTRIBUTION OF 2R/2D SUBSTITUTION IN SPRING HEXAPLOID TRITICALE ( $\times$ TRITICOSECALE WITTM.)

A.D. KORSHUNOVA, M.G. DIVASHUK, G.I. KARLOV, A.A. SOLOVIEV

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

*The 2R/2D substitution is widespread among winter hexaploid triticales (AABBRR) varieties and lines [1, 14]. This substitution helps to solve many problems such as excessive plant height, preharvest sprouting and late maturity. Also 2D chromosome in the genome of winter hexaploid triticales increases the yield of this crop and the quality of the grains [2, 11, 14].*

*Effect of 2D chromosome may be caused by the presence of the gene Ppd-D1. The dominant allele of this gene, Ppd-D1a, reduces wheat height by 10 cm and provides drought resistance [19; 20]. Also, the presence of Ppd-D1a provides increased yield by 9% in regions with a long day and up to 50% in regions with a short day environment.*

*Distribution of 2R/2D substitution is widely studied among winter triticales varieties and lines [1, 2, 14]. But such studies have not been conducted among spring triticales varieties and lines. In this paper, we examined the collection of spring hexaploid triticales for presence of 2R/2D substitution.*

*Analysis of 86 spring hexaploid triticales samples revealed the presence of substitution 2R/2D in 17 samples, all of them are breeding lines. Commercial varieties in our research did not have this substitution. The Ppd-D1a allele in lines with the substitution 2R/2D was not found. The substitution 2B/2D was found in one line.*

*Selection lines with 2R/2D and 2B/2D substitutions may be included in the scheme of crosses to carry allele Ppd-D1a, and to improve a number of agronomic characteristics of spring hexaploid triticale.*

*Key words: triticale, 2R/2D substitution, Ppd-D1, 2B/2D substitution, DNA markers.*

**Коршунова Анастасия Дмитриевна** — асп. кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: korshunova.ad88@gmail.com).

**Дивашук Михаил Георгиевич** — к. б. н., ст. науч. сотр. Центра молекулярной биотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: divashuk@gmail.com).

**Карлов Геннадий Ильич** — д. б. н., руководитель Центра молекулярной биотехнологии биотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550 Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: karlov@timacad.ru).

**Соловьев Александр Александрович** — д. б. н., проф., зав. кафедрой генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: asoloviev70@gmail.com).

**Korshunova Anastasiya Dmitrievna** — Phd student of the department of genetics, biotechnology, plant breeding and seed production, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; e-mail: korshunova.ad88@gmail.com).

**Divashuk Mikhail Georgievich** — PhD in Biology, senior researcher of the Center of molecular biotechnology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; e-mail: divashuk@gmail.com).

**Karlov Gennadiy Ilich** — Doctor of Biological Sciences, Head of the Center of molecular biotechnology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; e-mail: karlov@timacad.ru).

**Soloviev Aleksandr Aleksandrovich** — Doctor of Biological Sciences, professor, Head of the department of genetics, biotechnology, plant breeding and seed production, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; e-mail: asoloviev70@gmail.com).



УДК 633.11:581.162.4(470.31)

## ОСОБЕННОСТИ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ ОПЛОДОТВОРЕНИЯ У ТРИТИКАЛЕ (×TRITICOSECALE WITTM.)

В.С. РУБЕЦ, О.В. МИТРОШИНА, В.В. ПЫЛЬНЕВ

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*Проведено изучение избирательности оплодотворения сортообразцов озимой гексаплоидной тритикале косвенным и прямым методами. Первый заключался в оценке степени прорастания собственной и чужой пыльцы на рыльцах пестиков, а также в сравнении динамики роста пыльцевых трубок собственных и чужих гаметофитов в тканях рылец. Об избирательности оплодотворения прямым методом судили по соотношению негибридных и гибридных растений в потомстве от опыления кастрированных цветков смесью пыльцы, состоящей из собственной пыльцы и пыльцы другого сорта тритикале. Для сравнения были изучены пшеница и рожь. Показано, что у изучаемых сортов тритикале прогамная фаза оплодотворения происходит так же, как у пшеницы. Не выявлено признаков самонесовместимости, как у ржи. Сорта тритикале различаются по избирательности оплодотворения в постгамную фазу. Причиной этого может быть пониженная фертильность пыльцы, благоприятные метеорологические условия или повышенное хазмогамное цветение.*

*Ключевые слова: тритикале, пшеница, рожь, цветение, избирательность оплодотворения, прогамная фаза оплодотворения, постгамная фаза оплодотворения.*

Величайшим достижением в области генетики и селекции растений является создание новой зерновой культуры — тритикале [6, 16]. За последние годы в селекции этой культуры достигнуты большие успехи. Созданы коммерческие сорта, у которых преодолены многие недостатки, свойственные культуре на начальных этапах ее становления, такие как позднеспелость, высокорослость, деформированное зерно. Однако остались нерешенные проблемы [1, 2], в частности, касающиеся биологии цветения тритикале, которая определяет методологию селекционной и семеноводческой работы с ней [14–16]. Изучение биологии цветения тритикале проводили, в основном, в середине XX века, когда в производство начали внедрять сорта этой культуры. Было показано, что у тритикале процессы, происходящие при цветении, опылении и оплодотворении сходны с пшеницей [18]. У тритикале отмечены три типа цветения — открытый (хазмогамный), закрытый (клейстогамный) и комбинированный. Основным типом цветения является хазмогамный [11, 23, 25]. При этом основным способом опыления является автогамия [18, 21, 27]. Поскольку в период массового цветения злаков воздух насыщен пылью, то на рыльца пестиков наряду с собственной попадает пыльца других сортов. В итоге в чистосортных посевах тритикале появляются нетипичные растения, которые могут быть результатом спонтанной гибридизации. По данным разных авторов, число спонтанных гибридов тритикале варьируется в пределах 1–20% [5, 6, 12, 22].

Благоприятный исход оплодотворения зависит от многих причин, в т.ч. от жизнеспособности и совместимости женского и мужского гаметофитов, проявляющихся в прогамную фазу оплодотворения [18, 20, 24, 26, 28].

Какая пыльца в итоге будет участвовать в образовании семени, зависит от избирательности оплодотворения. У растений под избирательностью оплодотворения понимают способность пестика предпочитать собственную либо чужую пыльцу в прогамную фазу оплодотворения. Весь процесс оплодотворения принято разделять на фазы: прогамную (от попадания пыльцевого зерна на рыльце до вхождения пыльцевой трубки в микропиле), собственно двойное оплодотворение и постгамную (от оплодотворения до формирования семени) [3, 10, 19].

Предпочтение собственной или чужеродной пыльцы может выражаться в более раннем прорастании пыльцевых зерен, в более энергичном росте пыльцевых трубок, их большей длине и т.п., и в итоге — в появлении в чистосортном посеве гибридных растений.

Данное исследование посвящено изучению избирательности оплодотворения у сортообразцов озимой гексаплоидной тритикале, проявляющейся в прогамную и постгамную фазы оплодотворения. Предполагается, что при избирательности пыльцы у изучаемого сортообразца будут наблюдаться следующие явления: 1. на рыльцах пестиков будет быстрее прорасти та пыльца, которая более предпочтительна для осуществления оплодотворения; 2. предпочитаемые микрогаметофиты будут иметь более крупные размеры, большее содержание водорастворимых веществ, более длинные пыльцевые трубки; 3. при опылении смесью пыльцы кастрированных цветков в потомстве будут преобладать гибридные или негибридные растения в зависимости от того, какая пыльца более предпочтительна (собственная или чужеродная). Отсутствие избирательности оплодотворения приведет к примерно одинаковой доле гибридных и негибридных растений у потомства. Сдвиг равновесия в сторону преобладания любой группы растений будет означать наличие избирательности своей либо чужеродной пыльцы.

### **Материал и методика**

Исследование проводилось на кафедре генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства и селекционной станции имени П.И. Лисицына Российского Государственного аграрного университета МСХА имени К.А. Тимирязева в 2011–2013 гг.

Метеорологические условия, сложившиеся в период цветения озимой тритикале в 2012 г., можно охарактеризовать как более благоприятные для успешного осуществления процессов цветения, опыления и оплодотворения, чем в другие годы.

В качестве объектов для изучения способности рылец выбирать пыльцу своего или другого сорта использовали сортообразцы озимой гексаплоидной тритикале с рецессивными признаками (белый колос, неопушенные колосковые чешуи): Валентин (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), линия 21759/97 (Донской зональный НИИСХ, Ростовская область), Гермес (Московский НИИСХ «Немчиновка»). Для оценки избирательности оплодотворения у этих сортообразцов в качестве опылителей использовали сорта с доминантными признаками (красная окраска колоса, опушенные колосковые чешуи) — Водолей, Торнадо (Донской зональный НИИСХ, Ростовская область) и Presto (Польша). Для сравнения избирательности оплодотворения у тритикале эксперимент дополнен исследованиями родительских видов — сортов озимой ржи Альфа (Московский НИИСХ «Немчиновка») и Снежана (НИИСХ



Северо-Востока) и сортов озимой пшеницы Московская 39 (Московский НИИСХ «Немчиновка») и Гармония (Белоруссия).

Для характеристики изучаемых объектов была проведена оценка степени развития их репродуктивной сферы и микрогаметофитов. Для этого были определены завязываемость зерен у интактных колосьев и при изоляции для оценки склонности изучаемых сортов к самоопылению, степень хазмогамии (как процент открыто цветущих цветков в колосе и отдельном цветке колоска), размеры пыльцы (длина и ширина, выборка 500 пыльцевых зерен), ее фертильность [8] и содержание в ней водорастворимых веществ [7].

Пыльцевое зерно измеряли в двух экваториальных плоскостях. Площадь продольного среза пыльцы определяли по формуле площади эллипса:

$$S = \pi ab,$$

где  $\pi = 3,14$ ;  $a$  — длина большой полуоси (т.е. половина длины пыльцевого зерна);  $b$  — длина малой полуоси (т.е. половина ширины пыльцевого зерна).

Объем пыльцевого зерна определяли по формуле объема эллипсоида:

$$V = \frac{4\pi abc}{3},$$

где  $\pi = 3,14$ ;  $a$  — длина большой полуоси (т.е. половина длины пыльцевого зерна);  $b$  — длина малой полуоси (т.е. половина ширины пыльцевого зерна);  $c$  — половина толщины пыльцевого зерна. Здесь мы сделали некоторое допущение, предположив, что  $b = c$ .

Принцип метода определения содержания водорастворимых веществ в пыльце заключался в следующем: из пыльцы массой около 0,01 г был приготовлен экстракт с использованием 25 мл дистиллированной воды, который настаивался в течение 1 ч, после чего его профильтровали через обеззоленные фильтры. Фильтры с остатками пыльцы были высушены до постоянной массы. Количество водорастворимых веществ в пыльце, перешедших в раствор, определяли по разнице масс фильтра с пыльцой до и после фильтрования.

Основное исследование состоит из двух частей: лабораторного эксперимента по определению избирательности в прогамную фазу оплодотворения и полевого — в постгамную фазу.

В фазу колошения проводили кастрацию цветков у белоколосых образцов тритикале, обоих сортов ржи и пшеницы; изоляцию колосьев опылителей для осуществления самоопыления (у ржи — это другой колос на том же растении, где кастрирован колос) и перекрестного опыления. У ржи на каждом опытном растении оставляли под изолятором один колос для проверки наличия самонесовместимости.

*Лабораторный эксперимент* заключался в определении степени прорастания пыльцы на рыльцах пестиков в прогамную фазу оплодотворения. В фазу цветения срезали кастрированные колосья тритикале, ржи и пшеницы по мере их готовности к цветению. В лаборатории часть колосьев опыляли собственной пыльцой, а часть — пыльцой других сортов. Использовали твел-метод опыления [13]. В таблице 1 приведены комбинации опыления опытных образцов.

Через 20, 45, 60, 90, 120 мин опыленные колосья фиксировали уксусным алкоголем (96%-ный спирт: ледяная уксусная кислота в соотношении 3:1) [8]. Затем проводили подсчет общего числа пыльцевых зерен, попавших на рыльце, числа проросших

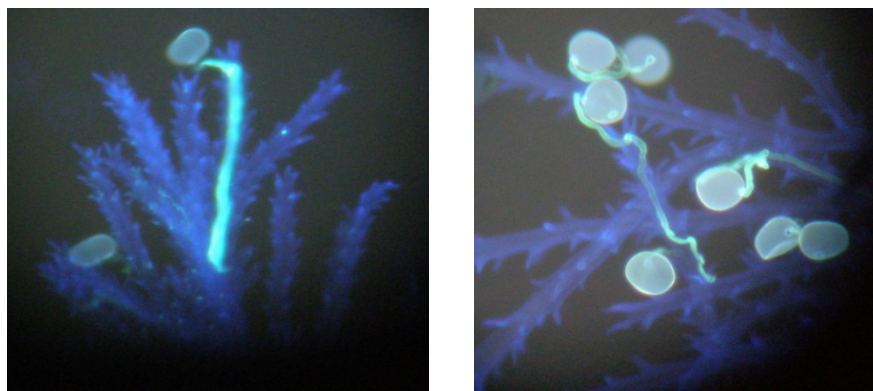
**Комбинации опыления образцов, включенных в эксперимент  
по изучению избирательности оплодотворения**

| Культура  | Материнский сорт | Опылители      |                       |         |
|-----------|------------------|----------------|-----------------------|---------|
|           |                  | самоопыление   | перекрестное опыление |         |
| Тритикале | Линия 21759/97   | Линия 21759/97 | Presto                | Торнадо |
|           | Валентин         | Валентин       | Presto                | Торнадо |
|           | Гермес           | Гермес         | Водолей               | Торнадо |
| Рожь      | Альфа            | Альфа          | Снежана               | —       |
|           | Снежана          | Снежана        | Альфа                 | —       |
| Пшеница   | Московская 39    | Московская 39  | Инна                  | —       |
|           | Гармония         | Гармония       | Московская 39         | —       |

пыльцевых зерен под микроскопом «Primostar», а также измеряли длину пыльцевых трубок на временных гистологических препаратах. Отдельно подсчитывали число пыльцевых трубок с аномалиями роста. Приготовление препаратов осуществляли по методике [9]. Готовые временные препараты просматривали под флуоресцентным микроскопом «Ахиоскоп 40». При освещении ультрафиолетовым светом пыльцевые трубки имеют желто-зеленую окраску, они хорошо видны как на поверхности, так и внутри ткани рылец (рис. 1).

Под микроскопом измеряли длину пыльцевых трубок на 50 временных препаратах (примерно 500–600 пыльцевых трубок на каждый вариант опыления, 6 колосьев на вариант опыления, 30 колосьев — на каждый материнский сорт, контроль — вариант с опылением пылью собственного сорта).

*Полевой эксперимент* заключался в опылении кастрированных цветков белоколосых сортообразцов тритикале смесью пыльцы собственного образца и красноколосого сорта. В потомстве от каждого сорта были подсчитаны белоколосые и красноколосые растения.



**Рис. 1.** Прорастание пыльцевых зерен тритикале на рыльцах пестиков

Оценку избирательности оплодотворения проводили прямым и косвенным методами. Косвенный метод заключался в сравнении вариантов от самоопыления и перекрестного опыления по динамике роста пыльцевых трубок, проценту проросших пыльцевых зерен на рыльцах, соотношению нормально растущих пыльцевых трубок с разной длиной (коротких, средних и длинных), соотношению пыльцевых трубок с аномалиями роста. Прямой метод — по соотношению белоколосых и красноколосых растений тритикале, полученных от опыления белоколосых образцов смесью пыльцы. Сравнение полученных данных проводили при помощи t-критерия Стьюдента,  $\chi^2$  и с помощью дисперсионного анализа [4]. При необходимости данные были преобразованы в угол-арксинус  $\sqrt{\text{процент}}$ . На графиках приведены средние и значения наименьшей существенной разности в тех случаях, когда имелись достоверные различия.

## Результаты и их обсуждение

### *Характеристика прогамной фазы оплодотворения у ржи и пшеницы*

Как известно, рожь и пшеница являются родительскими видами для тритикале. Они различаются по способу опыления. Характеристика особенностей их прогамной фазы оплодотворения может помочь в определении критериев, по которым можно было бы судить о предпочтении тритикале собственной или чужой пыльцы.

### *Оценка прогамной фазы оплодотворения у ржи*

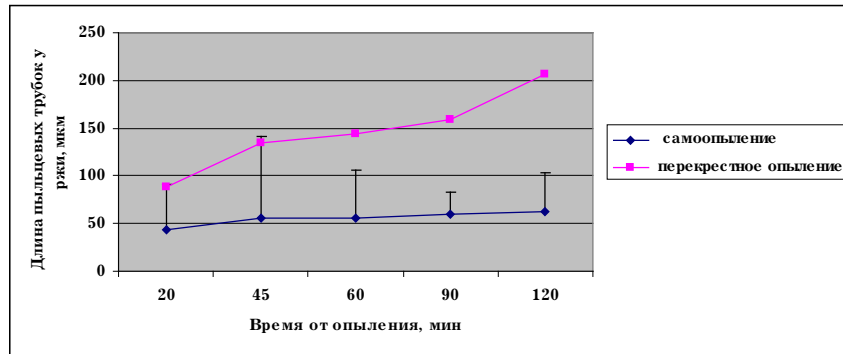
Рожь является культурой с облигатным перекрестным опылением, чему способствует жесткая гаметофитная самонесовместимость. При таком типе самонесовместимости собственные пыльцевые зерна порастают на рыльце пестика, но рост их пыльцевых трубок тормозится внутри проводникового тракта благодаря экспрессии двух несцепленных локусов самонесовместимости S и Z, представленных множественными аллелями. Продукты экспрессии (гликопротеиды) локализованы в межклеточном веществе проводникового тракта (Lundqvist, цит по [19]).

Таким образом, включение сортов ржи в эксперимент позволяет увидеть торможение роста пыльцевых трубок внутри ткани рыльца при самоопылении и их нормальный рост при перекрестном опылении. Это позволит оценить избирательность оплодотворения у тритикале.

Включенные в эксперимент сорта озимой ржи Альфа и Снежана были подвергнуты самоопылению для оценки степени самонесовместимости. У обоих сортов отмечена высокая завязываемость зерен при перекрестном опылении (76-79%) и низкая — при самоопылении (около 3%). Это говорит о высоком уровне самонесовместимости изучаемых сортов ржи.

При самоопылении рост пыльцевых трубок у обоих сортов тормозится уже при экспозиции в 45 мин от опыления. И в дальнейшем их рост почти не наблюдался (рис. 2). Тогда как при перекрестном опылении происходит удлинение пыльцевых трубок при увеличении времени от опыления цветков до их фиксации. Самонесовместимость проявляется в подавлении роста собственных пыльцевых трубок внутри проводникового тракта в течение 45 мин.

Одним из критериев предпочтения собственной или чужой пыльцы может быть наличие большого количества длинных или коротких пыльцевых трубок при соответствующем типе опыления. Главным критерием для подразделения пыльцевых на условно длинные, короткие и средние является в нашем эксперименте длина



**Рис. 2.** Динамика роста пыльцевых трубок озимой ржи при различных способах опыления

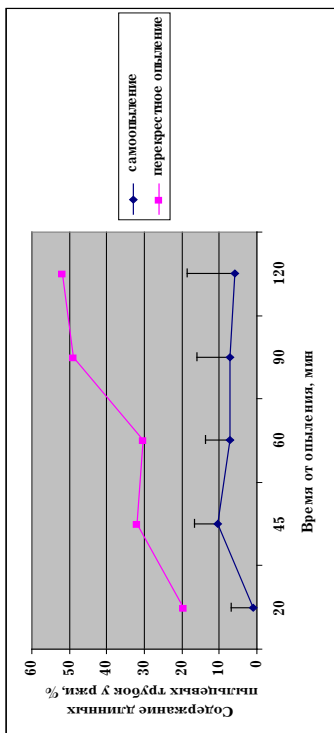
пыльцевых трубок ржи при максимальной экспозиции — 120 мин с момента опыления. В этой точке самыми длинными являются пыльцевые трубки при перекрестном опылении сорта Альфа, а самыми короткими — при самоопылении сорта Снежана. Поэтому к условно длинным предлагаем отнести пыльцевые трубки, длина которых превышает половину средней длины пыльцевых трубок при перекрестном опылении у сорта Альфа (95,2 мкм). К коротким — длина которых менее средней длины пыльцевых трубок при самоопылении сорта Снежана (49,8 мкм). К средним — все остальные, длина которых находится в интервале 49,8–95,2 мкм.

Такой способ использовался нами для оценки избирательности оплодотворения у всех изученных культур независимо от типа опыления.

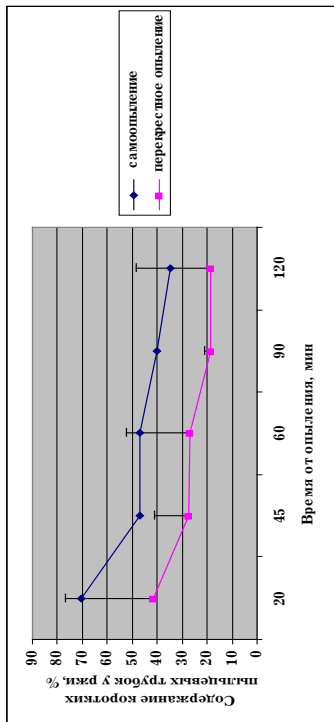
Кроме того, было определено содержание пыльцевых трубок с аномалиями роста (спирально закрученных, с утолщением на конце и др.), что также может быть критерием для оценки избирательности оплодотворения, характеризующим способ подавления тканями проводникового тракта роста нежелательной пыльцы. Предполагается, что рожь как перекрестноопыляющаяся культура в ответ на самоопыление будет реагировать образованием значительного количества аномальных пыльцевых трубок, тогда как при перекрестном опылении большинство пыльцевых трубок будут без нарушений роста.

Выяснилось, что у ржи при самоопылении содержание длинных пыльцевых трубок (ДПТ) достоверно ниже, чем при перекрестном опылении. При этом их доля не увеличивается с течением времени. Тогда как при перекрестном опылении их доля растет с увеличением экспозиции (рис. 3а). Доля коротких пыльцевых трубок при перекрестном опылении ржи ниже, чем при самоопылении (рис. 3б). Это объясняется тем, что с течением времени короткие трубки при неподавленном росте переходят в категорию длинных. И при обоих способах опыления идет снижение доли коротких пыльцевых трубок. По содержанию пыльцевых трубок средней длины ясной картины нет (рис. 3в). Относительная доля пыльцевых трубок с аномалиями роста при самоопылении выше, чем при перекрестном опылении. При этом с течением времени при перекрестном опылении не отмечено значительного их увеличения (рис. 3г).

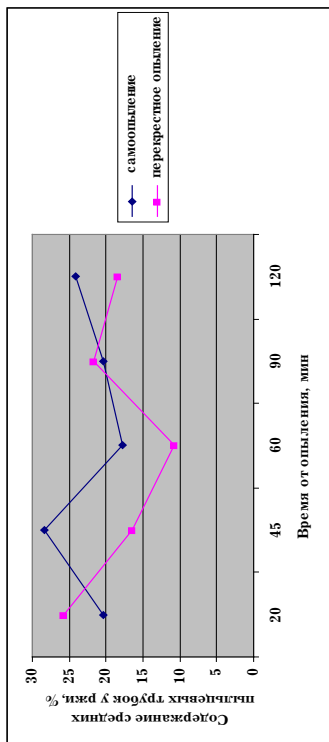
Подводя итог изучению особенностей прогамной фазы оплодотворения у ржи, в качестве относительно надежных критериев оценки избирательности оплодотво-



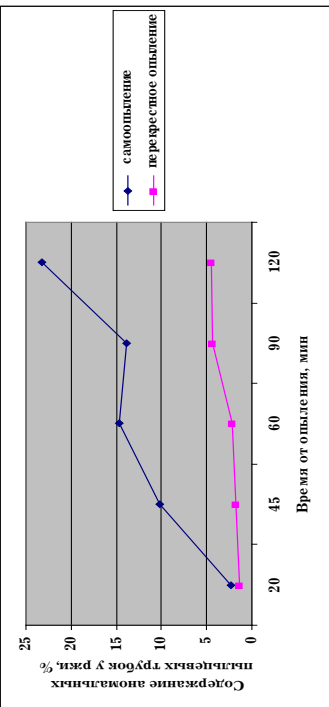
а



б



в



г

**Рис. 3.** Динамика содержания: а) длинных пыльцевых трубок; б) коротких пыльцевых трубок; в) средних пыльцевых трубок; г) пыльцевых трубок с аномалиями роста у ржи при различных способах опыления

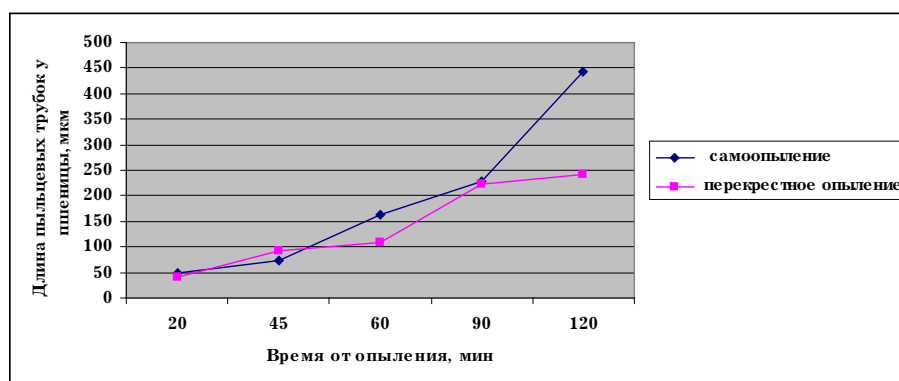
рения у нее можно назвать среднюю длину пыльцевых трубок при всех экспозициях прорастивания пыльцы и долю длинных пыльцевых трубок. Остальные критерии оказались ненадежными.

Критерием самонесовместимости можно считать наличие коротких, очень медленно растущих пыльцевых трубок внутри проводникового тракта пестика.

Эти критерии использованы нами в дальнейшем для оценки избирательности оплодотворения у тритикале.

#### *Характеристика прогамной фазы оплодотворения у пшеницы*

У пшеницы длина пыльцевых трубок примерно одинакова как при самоопылении, так и при опылении чужеродной пылью независимо от способа опыления (рис. 4). Однако при самоопылении пыльцевые трубки несколько длиннее. Это может свидетельствовать о некотором предпочтении рыльцами собственной пыльцы.

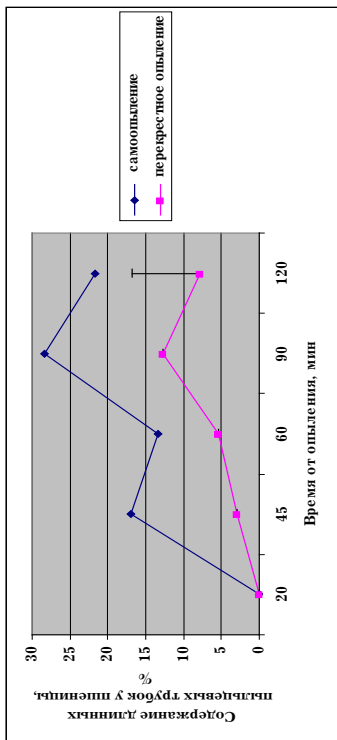


**Рис. 4.** Динамика роста пыльцевых трубок в тканях пестиков озимой пшеницы при различных способах опыления

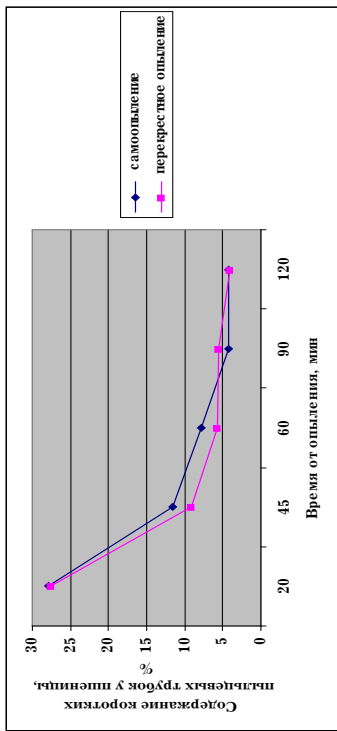
Анализ соотношения пыльцевых трубок разной длины показал, что во всех случаях независимо от способа опыления наблюдается сходная картина (рис. 5). Содержание длинных пыльцевых трубок повышается с увеличением времени от опыления до фиксации цветков, содержание коротких и средних уменьшается. При этом не отмечено значимых различий по этим показателям при самоопылении и перекрестном опылении. Только через 120 мин при самоопылении содержание длинных пыльцевых трубок достоверно выше. По содержанию пыльцевых трубок с аномалиями роста не выявлено достоверных различий при обоих способах опыления. Однако при самоопылении их доля несколько ниже, что также может свидетельствовать в пользу предпочтения собственной пыльцы.

Таким образом, рассмотрение прогамной фазы оплодотворения пшеницы выявило отсутствие достоверных различий по представленным показателям при опылении собственной и чужеродной пылью. При этом имеются указания на некоторое предпочтение собственной пыльцы.

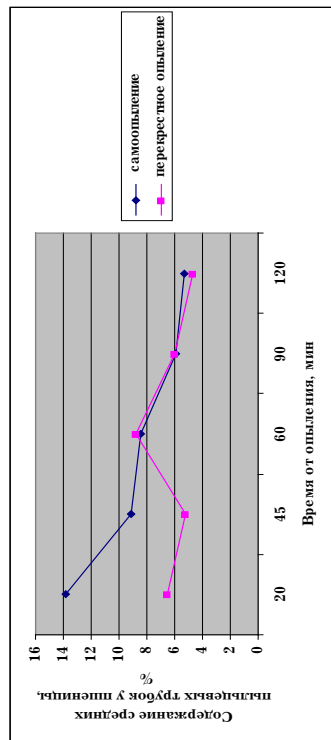
Поэтому на основании полученных данных невозможно указать критерий, по которому можно было бы получить достоверную информацию о предпочтении чужеродной или собственной пыльцы рыльцами пестиков озимой пшеницы.



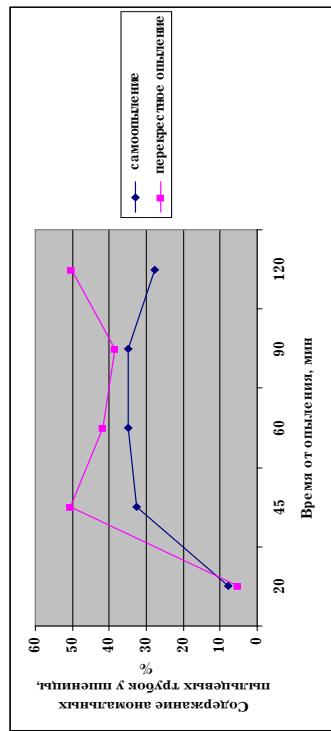
а



б



в



г

**Рис. 5.** Динамика содержания: а) длинных пыльцевых трубок; б) коротких пыльцевых трубок; в) средних пыльцевых трубок; г) пыльцевых трубок с аномалиями роста у пшеницы при различных способах опыления

### Характеристика сортов тритикале по степени развития репродуктивной сферы

Важной характеристикой репродуктивной сферы является оценка склонности сортов к перекрестному опылению (аллогамии). Она может выражаться в сильной реакции на принудительное самоопыление, а также в повышенном содержании открыто цветущих (хазмогамных) цветков в колосе. Однако само по себе хазмогамной цветение еще не говорит о предпочтении рыльцами чужой пыльцы, а лишь повышает вероятность ее попадания. Особенно важно в этом плане сравнить сорта, пыльца которых будет использована для оценки избирательности оплодотворения.

Из изученных материнских белоколосых сортов у л. 21759/97 и Гермеса отмечена пониженная завязываемость зерен при изоляции колосьев в фазу цветения (рис. 6). Это может свидетельствовать в пользу их склонности к аллогамии. По содержанию хазмогамных цветков в колосе материнские сорта и их опылители не различаются (рис. 7).

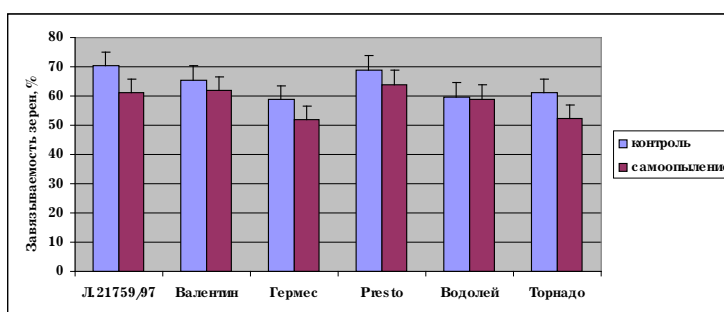


Рис. 6. Завязываемость зерен в колосе сортообразцов тритикале при разных способах опыления

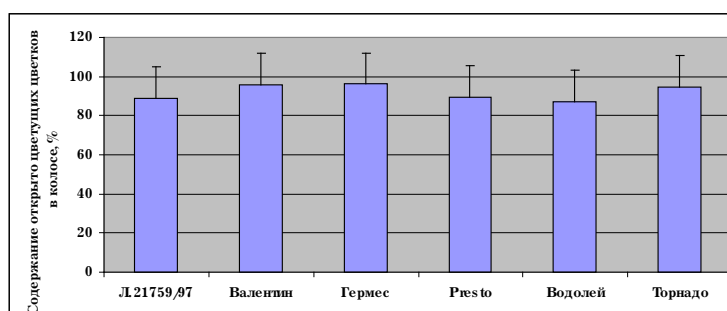
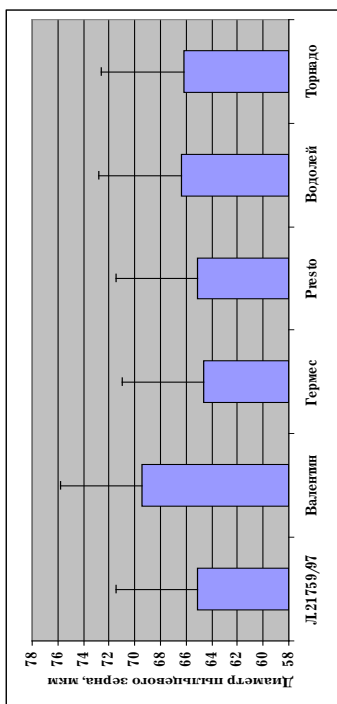


Рис. 7. Характеристика открытого цветения сортообразцов тритикале

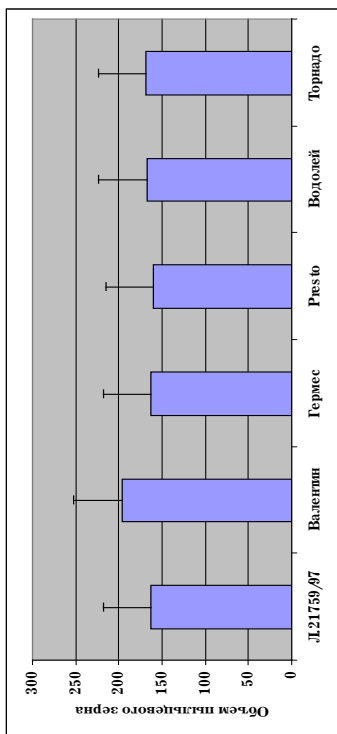
Нами была проведена оценка гаметофитов материнских сортов и их опылителей по размерам пыльцевых зерен, содержанию в них водорастворимых веществ, фертильности.

По размерам пыльцевых зерен все материнские формы не отличаются от их опылителей (рис. 8а, б). При этом наиболее крупная пыльца сформировалась у сорта Валентин.

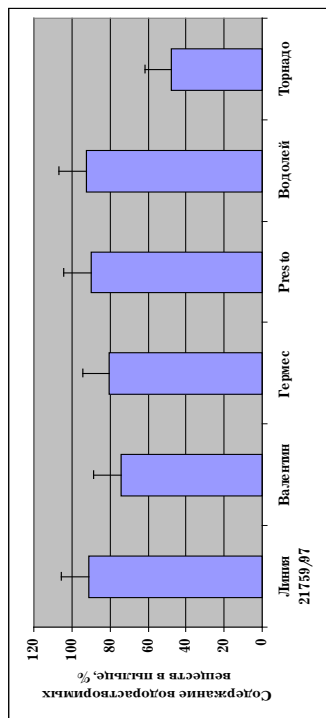




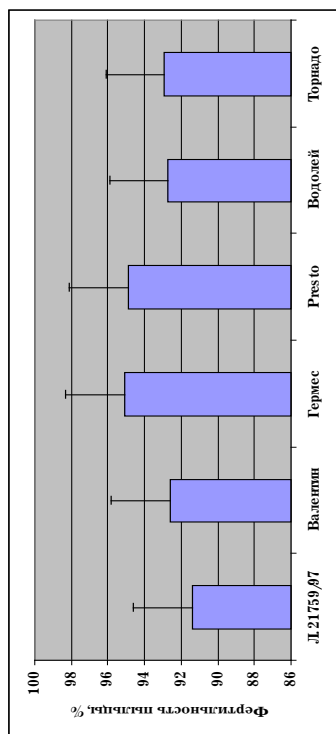
а



б



в



г

**Рис. 8.** Характеристика пыльцы сортов тритикале: а) средний диаметр пыльцевого зерна, мкм; б) средний объем пыльцевого зерна, мкм<sup>3</sup>; в) содержание водорастворимых веществ в пыльце, %; г) фертильность, %

Пониженное содержание водорастворимых веществ в пыльце отмечено только у сорта Торнадо (рис. 8в). Остальные сорта не различаются достоверно по этому показателю.

Фертильность пыльцы у всех изученных сортов высокая (рис. 8г). Различия по этому показателю отмечены только у л. 21759/97 и ее опылителя Presto. Остальные материнские белоколосые сорта не отличаются по фертильности от своих опылителей.

Это значит, что взятые в опыт материнские сорта и их опылители имеют равноценную пыльцу, что позволяет использовать ее для решения поставленных задач.

#### *Характеристика прогамной фазы оплодотворения озимой гексаплоидной тритикале*

Ниже приведены результаты изучения избирательности оплодотворения у сортообразцов озимой тритикале, проявляющейся в прогамную и постгамную фазы оплодотворения.

Предполагается, что при избирательности пыльцы у изучаемого сортообразца будут наблюдаться следующие явления:

1) на рыльцах пестиков будет быстрее прорасти та пыльца, которая более предпочтительна для осуществления оплодотворения;

2) у материнских форм, склонных к аллогамии, возможно наличие самонесовместимости;

3) предпочитаемые микрогаметофиты будут иметь более крупные размеры, большее содержание водорастворимых веществ, более длинные пыльцевые трубки;

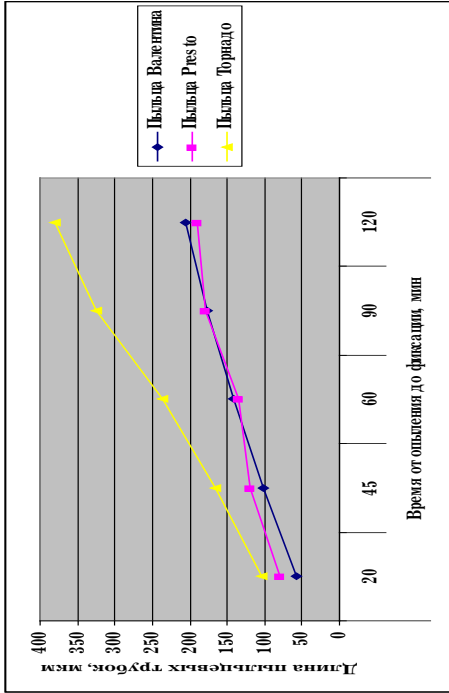
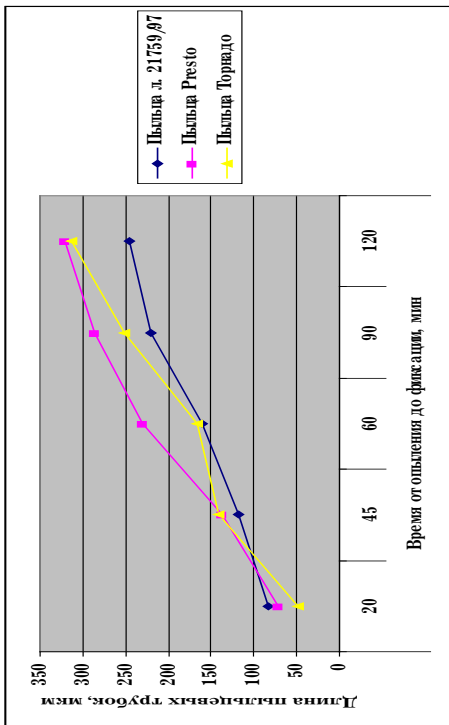
4) при опылении смесью пыльцы кастрированных цветков в потомстве будут преобладать гибридные или негибридные растения в зависимости от того, какая пыльца более предпочтительна (собственная или чужая). Отсутствие избирательности оплодотворения приведет к примерно одинаковой доле гибридных и негибридных растений у потомства. Сдвиг равновесия в сторону преобладания любой группы растений будет означать наличие избирательности своей либо чужой пыльцы.

Поскольку тритикале является гибридом пшеницы и ржи, прорастание ее пыльцы может быть похожим на одну из родительских форм, а может быть особенным, характерным для тритикале. Могут иметь место сортовые особенности. Поэтому для характеристики прогамной фазы оплодотворения тритикале приведены результаты по каждому из материнских сортов, а также в целом по культуре (в среднем за годы исследований).

Пыльцевые трубки всех гаметофитов тритикале независимо от материнского сорта и способа опыления сильно удлиняются со временем. Это свидетельствует об отсутствии у изученных материнских сортов самонесовместимости. По длине пыльцевых трубок на рыльцах пестиков материнских сортов тритикале при самоопылении и перекрестном опылении достоверных различий не наблюдается (в среднем по годам). Однако отмечена некоторая сортоспецифичность (рис. 9).

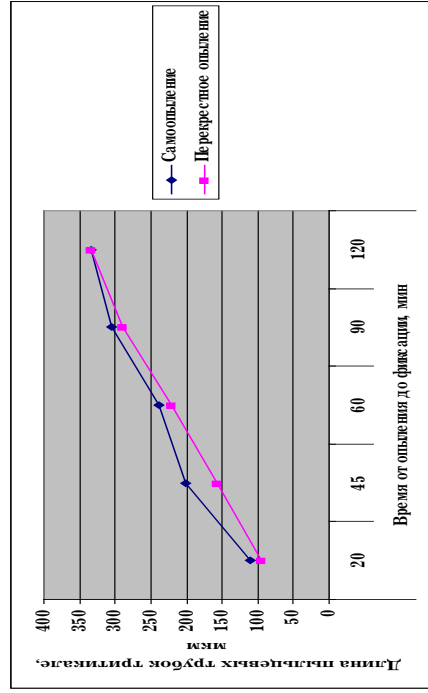
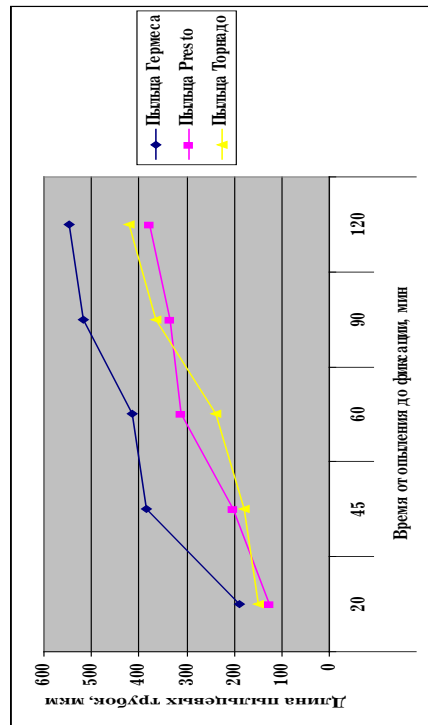
У л. 21759/97 в первые 20 мин прорастания собственные мужские гаметофиты имеют более длинные пыльцевые трубки, чем пыльца опылителей (рис. 9а). Затем рост пыльцевых трубок опылителей идет с опережением, и они превышают по длине собственные.

У сорта Валентин пыльцевые трубки собственного сорта и сорта Presto растут с одинаковой скоростью. А вот у гаметофитов Торнадо рост пыльцевых трубок идет более интенсивно (рис. 9б).



а

б



в

г

**Рис. 9.** Динамика роста пыльцевых трубок в тканях пестиков белоколосых сортов тритикале при разных способах опыления: а — материнский сорт л. 21759/97; б — материнский сорт Валентин; в — материнский сорт Гермес; г — в целом по культуре

У собственных гаметофитов сорта Гермес длина пыльцевых трубок превосходит обоих опылителей в течение всего времени прорастивания (рис. 9в). Хотя в среднем по годам различия по длине пыльцевых трубок при разных способах опыления недостоверны, в каждом конкретном году они были статистически значимы.

Отмечена достоверная положительная корреляция между размерами пыльцевых зерен (диаметром и объемом) и длиной пыльцевых трубок в течение всего периода прорастивания (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Коэффициенты корреляции между размерами пыльцевых зерен и длиной пыльцевых трубок тритикале**

| Размер пыльцевого зерна                       | Время от опыления прокастрированных цветков до их фиксации, мин |        |       |       |       |
|---|---|--------|-------|-------|-------|
|   | 20  | 45     | 60    | 90    | 120   |
| Диаметр, мкм                                  | 0,65  | 0,81** | 0,69* | 0,77* | 0,73* |
| Объем, $\bar{x} \times 10^3$ мкм <sup>3</sup> | 0,67*   | 0,88** | 0,69* | 0,77* | 0,72* |

В целом, по культуре тритикале пыльцевые трубки по длине примерно одинаковы при самоопылении и при перекрестном опылении с небольшим преимуществом собственных гаметофитов (рис. 9г). Не выявлено признаков самонесовместимости. Полученные по культуре тритикале результаты аналогичны наблюдаемым у пшеницы.

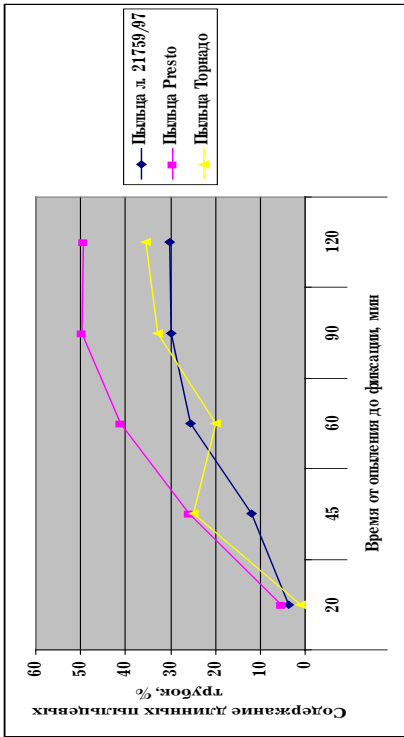
Содержание пыльцевых трубок разной длины может быть признаком предпочтения какой-либо пыльцы. По результатам оценки этого показателя у ржи можно предположить, что при перекрестном опылении рост пыльцевых трубок не подавлен, поэтому содержание длинных пыльцевых трубок в этом случае будет выше, чем при самоопылении. Причем с течением времени все больше пыльцевых трубок становятся длинными, при этом содержание коротких и средних должно уменьшаться.

На рис. 10 представлена динамика содержания длинных пыльцевых трубок на рыльцах изучаемых материнских сортов тритикале. У всех сортов содержание длинных пыльцевых трубок возрастает со временем.

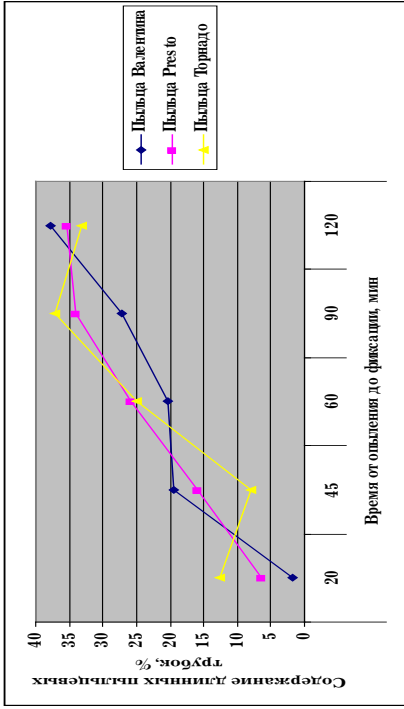
У сортов Валентин (рис. 10б) и Гермес (рис. 10в) содержание ДПТ при самоопылении резко возрастает через 45 мин, а при перекрестном несколько отстает. Это говорит в пользу предпочтения собственной пыльцы рыльцами пестиков у этих сортов.

У л. 21759/97 содержание ДПТ при самоопылении возрастает плавно, почти одинаково с вариантом опыления пыльцой Торнадо (рис. 10а). Зато при опылении пыльцой Presto содержание ДПТ резко возрастает с течением времени. Это может косвенно свидетельствовать о предпочтении рыльцами пестиков л. 21759/97 чужеродной пыльцы (только одного сорта).

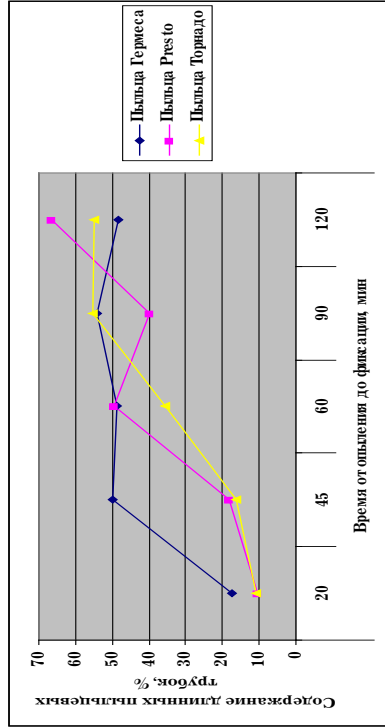
В целом, по культуре тритикале не отмечено достоверных различий по содержанию длинных пыльцевых трубок при самоопылении и при перекрестном опылении (рис. 10г). Только при экспозиции в 120 мин от опыления содержание длинных пыльцевых трубок при перекрестном опылении достоверно выше, чем при самоопылении. Аналогичную картину наблюдали у пшеницы. Признаков самонесовместимости не отмечено.



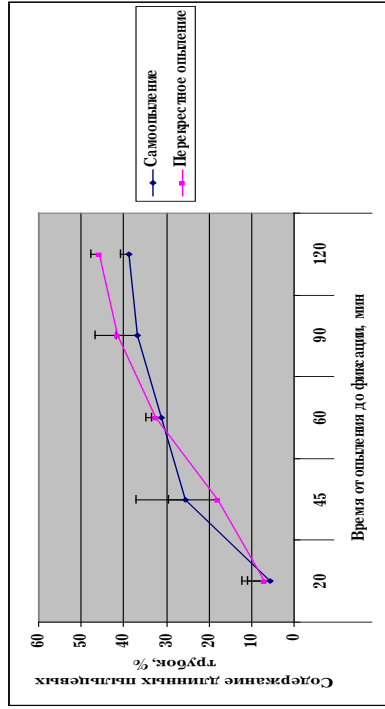
а



б



в



г

Рис. 10. Динамика содержания длинных пыльцевых трубок на рыльцах тритикале при различных способах опыления; а, б, в, г — как на рис. 9

По содержанию коротких пыльцевых трубок на рыльцах тритикале при самоопылении и при перекрестном опылении во всех случаях отмечена картина, аналогичная пшенице — с течением времени идет снижение показателя независимо от способа опыления (рис. 11). В этом случае не выявлено никаких предпочтений.

Содержание средних пыльцевых трубок в целом снижается со временем (рис. 12) аналогично тому, что было отмечено у пшеницы. По каждому конкретному сорту ничего определенного сказать нельзя. Поэтому показатель «содержание средних пыльцевых трубок» не является приемлемым для оценки прогамной фазы оплодотворения и может быть исключен из обсуждения результатов.

Содержание пыльцевых трубок с аномалиями роста у всех сортов возрастает со временем независимо от способа опыления (рис. 13), аналогично пшенице. Ничего, напоминаящего наличие предпочтения какой-либо пыльцы нами не обнаружено, как и не отмечено признаков самонесовместимости.

Подводя итог рассмотрению прогамной фазы оплодотворения, можно отметить, что у изучаемых материнских белоколосых сортов не выявлено признаков самонесовместимости, характерной для ржи (подавленный рост собственных пыльцевых трубок). Это уравнивает шансы любых пыльцевых зерен (собственных или чужих).

Показатели, характеризующие прогамную фазу оплодотворения у изученных белоколосых сортов тритикале, имеют значения, аналогичные пшенице:

1) У тритикале не обнаружено различий по проценту проросших пыльцевых зерен на рыльцах пестиков при разных способах опыления.

2) Длина пыльцевых трубок тритикале при самоопылении и перекрестном опылении примерно одинакова с небольшим преимуществом собственных гаметофитов. Имеется сортовая специфика (у сорта Гермес отмечены более длинные пыльцевые трубки, чем у опылителей, что косвенно свидетельствует в пользу предпочтения его рыльцами собственной пыльцы).

3) Содержание длинных пыльцевых трубок у тритикале растет с увеличением экспозиции одинаково при самоопылении и при перекрестном опылении. Имеется сортовая специфика (у л. 21759/97 отмечены косвенные свидетельства в пользу предпочтения чужеродной пыльцы — содержание ДПТ при самоопылении ниже, чем при перекрестном).

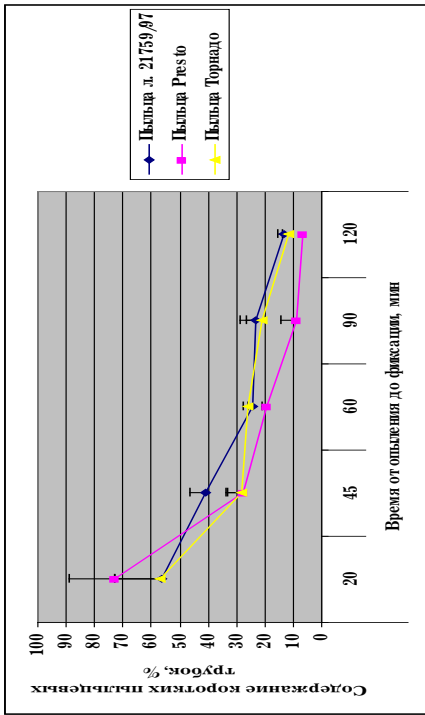
4) Содержание коротких и средних пыльцевых трубок у тритикале снижается с увеличением экспозиции одинаково при самоопылении и при перекрестном опылении.

5) Содержание пыльцевых трубок с аномалиями роста у всех сортов возрастает со временем одинаково независимо от способа опыления.

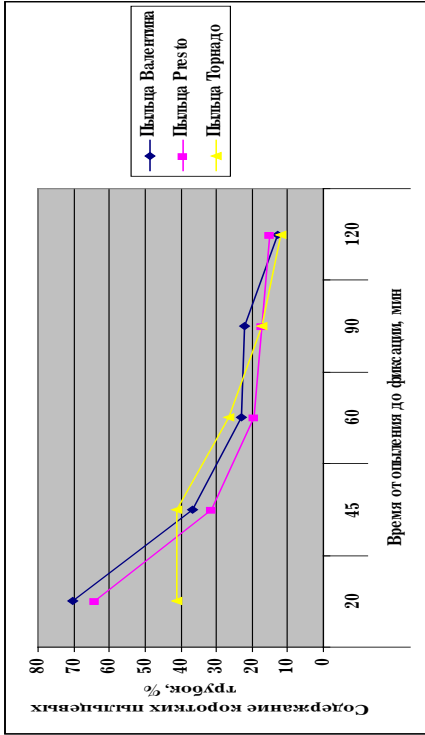
#### *Характеристика постгамной фазы оплодотворения тритикале*

Окончательный вывод о наличии или отсутствии избирательности в отношении способа оплодотворения у тритикале можно сделать, лишь проанализировав соотношения гибридных и негибридных растений в потомстве от опыления прокастрированных материнских растений смесью пыльцы. Для этого эксперимента было взято только по одному красноколосому опылителю для каждого материнского белоколосого сорта: для л. 21759 и Валентин — сорт Presto (группа раннеспелых сортов), для Гермеса — Водолей (группа среднеспелых сортов). Подбор пар осуществляли по соответствию времени зацветания.

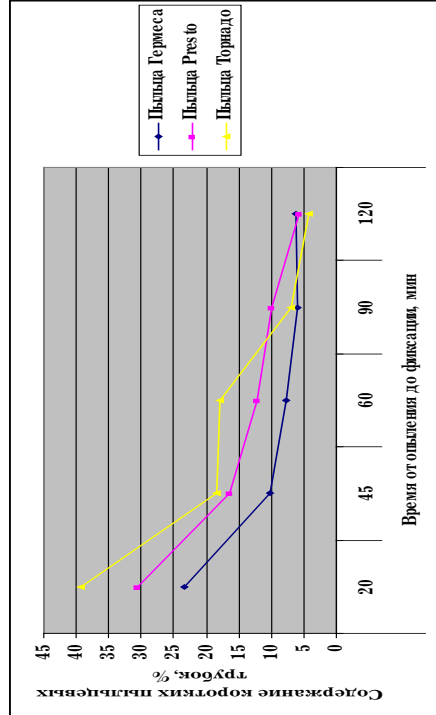
Анализ гаметофитов подобранных пар: Валентин — Presto и Гермес — Водолей показал, что их пыльца по размерам, содержанию водорастворимых веществ, фертильности не различается. Поэтому предполагаем ее равноценность.



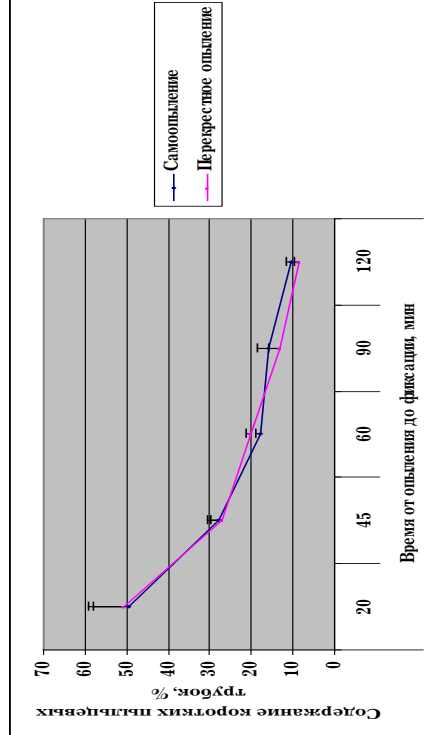
а



б

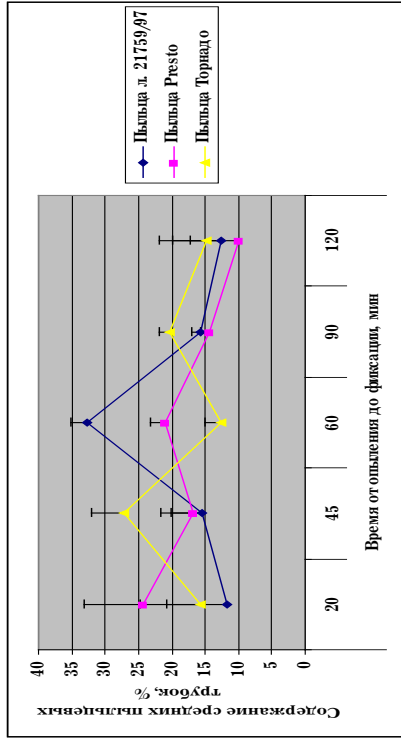


в

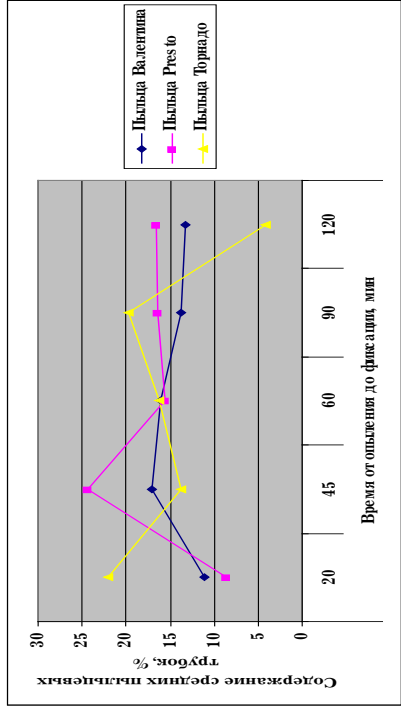


г

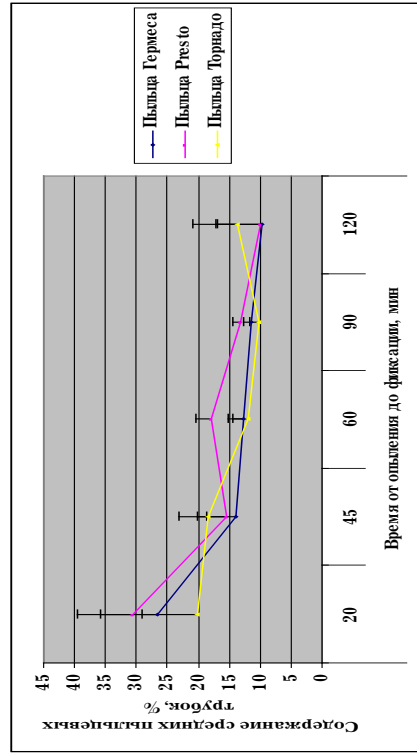
Рис. 11. Динамика содержания коротких пыльцевых трубок на рыльцах тритикале при различных способах опыления; а, б, в, г — как на рис. 9



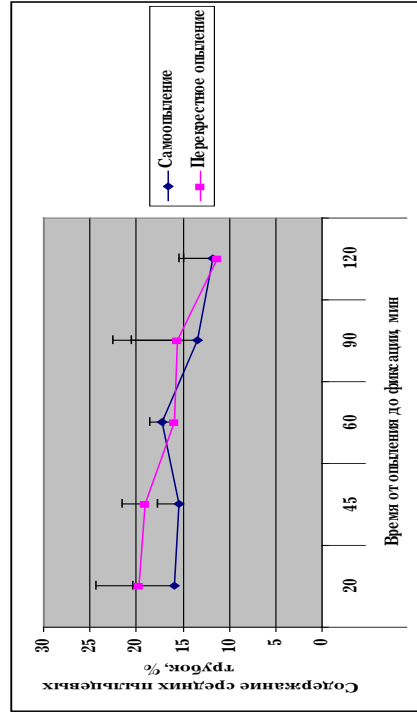
а



б



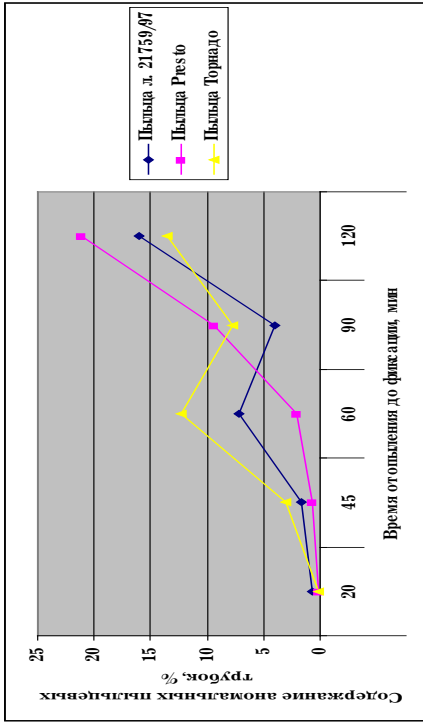
в



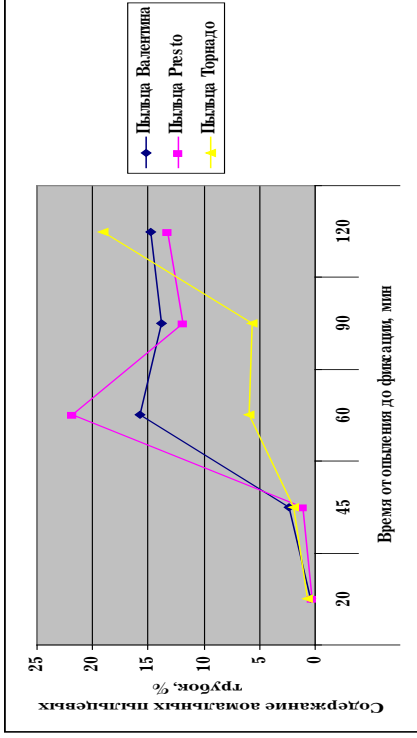
г

Рис. 12. Динамика содержания средних пыльцевых трубок на рыльцах тритикале при различных способах опыления; а, б, в, г — как на рис. 9

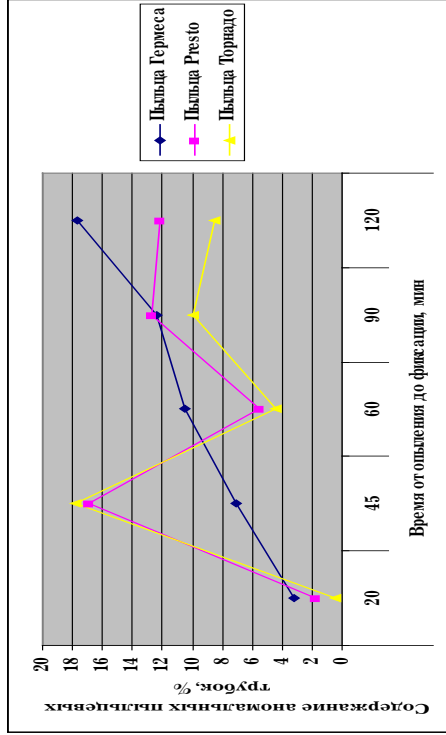




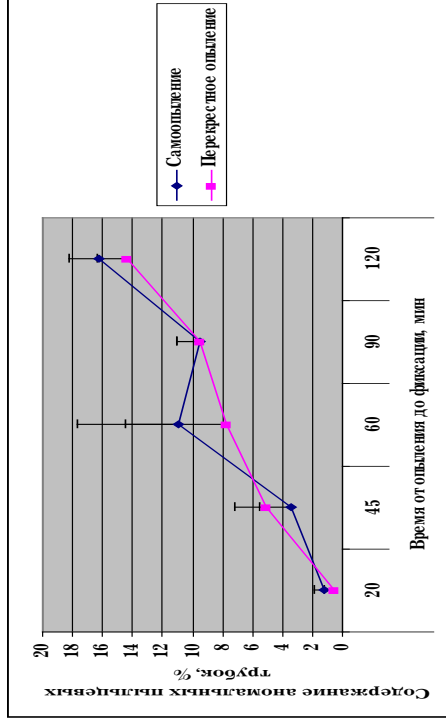
а



б



в



г

Рис. 13. Динамика содержания пыльцевых трубок с аномалиями роста на рыльцах тритикале при различных способах опыления; а, б, в, г — как на рис. 9

Только у пары л. 21759/97 и Presto имеются различия по фертильности. Это может привести к преобладанию гибридов, которое не связано с избирательностью.

При опылении кастрированных цветков смесью пыльцы в потомстве могут преобладать гибридные или негибридные растения в зависимости от того, какая пыльца более предпочтительна (собственная или чужая). Отсутствие избирательности оплодотворения приведет к примерно одинаковой доле гибридных и негибридных растений у потомства. Сдвиг равновесия в сторону преобладания любой группы растений будет означать наличие избирательности в отношении своей либо чужой пыльцы.

В табл. 3 представлены результаты анализа потомств семян тритикале, полученных от опыления кастрированных цветков белоколосых сортов тритикале смесью пыльцы (собственной и красноколосого сорта) по содержанию гибридных и негибридных растений. Достоверность отличия содержания гибридов от 50% проводили методом  $\chi^2$ .

Т а б л и ц а 3

**Содержание гибридных растений в потомстве семян, полученных от опыления белоколосых форм тритикале смесью пыльцы, %**

| Материнский белоколосый сорт | Содержание красноколосых гибридов |                     |         |                     |           |                     |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------|---------------------|-----------|---------------------|
|                              | 2012 г.                           |                     | 2013 г. |                     | в среднем | $\chi^2_{\text{ф}}$ |
|                              | %                                 | $\chi^2_{\text{ф}}$ | %       | $\chi^2_{\text{ф}}$ |           |                     |
| Линия 21759/97               | 78,3                              | 22,04               | 80,7    | 267,7               | 79,5      | 14,56               |
| Валентин                     | 54,0                              | 0,27                | 57,7    | 15,29               | 55,9      | 0,51                |
| Гермес                       | 27,3                              | 11,4                | 65,0    | 76,36               | 46,4      | 0,24                |
| $\chi^2_{\text{т}}$          | —                                 | 3,84                | —       | 3,84                | —         | 3,84                |

В 2012 и 2013 гг. у л. 21759/97 преобладали гибридные красноколосые растения, что говорит о предпочтении ее рыльцами чужой пыльцы.

В потомстве сорта Валентин в 2012 г. не выявлено достоверных отличий содержания гибридных растений в потомстве от 50%, в 2013 г. отмечено преобладание гибридных растений. В среднем по годам не выявлено достоверных отличий от 50% ( $\chi^2_{\text{ф}}$  меньше  $\chi^2_{\text{т}}$ ). Это говорит об отсутствии предпочтения какой-либо пыльцы рыльцами пестиков у сорта Валентин.

В потомстве сорта Гермес в 2012 г. достоверно преобладали негибридные растения, в 2013 г. — гибридные, в среднем по годам не выявлено отличий содержания гибридных растений от 50%. Это также свидетельствует в пользу отсутствия предпочтения у сорта Гермес собственной или чужой пыльцы.

Результаты прямой полевой оценки избирательности оплодотворения показали, что изученные сортообразцы тритикале неодинаковы по этому признаку.

Линия 21759/97 обладает сильной склонностью к аллогамии. Это может быть связано как с предпочтением ее рыльцами чужеродной пыльцы (наличием избирательности оплодотворения), так и с пониженной фертильностью пыльцы. Поэтому селекционную работу с этой линией следует проводить с изоляцией колосьев.

У сортов Валентин и Гермес не выявлено предпочтения рыльцами какой-либо пыльцы. Поэтому появление спонтанных гибридов у них не может быть частым явлением, затрудняющим селекционный и семеноводческий процесс.

## Выводы

1. Гаметофитная самонесовместимость у ржи проявляется в подавлении тканями пестика роста пыльцевых трубок собственных гаметофитов. Это позволило оценить ряд сортов тритикале данному признаку.

2. По результатам изучения прогамной фазы оплодотворения у ржи определены критерии разделения пыльцевых трубок по длине и возможные критерии оценки предпочтения рыльцами тритикале собственной или чужеродной пыльцы (средняя длина пыльцевых трубок, содержание длинных пыльцевых трубок).

3. Пыльца материнских форм и их опылителей по размерам и физиологическому состоянию имеет одинаковые стартовые возможности для осуществления оплодотворения.

4. У изучаемых белоколосых сортов тритикале не выявлено признаков самонесовместимости.

5. Показатели, характеризующие прогамную фазу оплодотворения у изученных белоколосых сортов тритикале, имеют значения, аналогичные пшенице.

6. Оценка постгамной фазы оплодотворения выявила неоднородность изученных сортов по избирательности оплодотворения: у линия 21759/97 обнаружено предпочтение чужой пыльцы рыльцами пестиков, у остальных сортов предпочтение не обнаружено.

## Библиографический список

1. Баженов М.С., Дивашук М.Г., Пыльнев В.В., Карлов Г.И., Рубец В.С. Изучение образцов озимой тритикале на наличие хромосомных замещений и их связь с устойчивостью к прорастанию на корню // Известия ТСХА. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. Вып. 2. С. 20–25.

2. Баженов М.С., Пыльнев В.В., Тараканов И.Г. Влияние факторов окружающей среды на покой семян и прорастание зерна в колосе озимой тритикале // Известия ТСХА. 2011. Вып. 6. С. 30–38.

3. Батыгина Т.Б. Опыление и оплодотворение у злаков // Эмбриология цветковых растений. Терминологии и концепции. Т.2. Семья. СПб.: «Мир и семья», 1997. С. 200–209.

4. Доспехов Б.Д. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.

5. Дударева О.В. Биологические особенности репродуктивной системы тритикале и их использование в селекции на озерненность / Автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.05 // Брянск, 2005. 18 с.

6. Махалин М.А. Межродовая гибридизация зерновых колосовых культур. М.: Наука, 1992. 239 с.

7. Палфитов В.Ф., Ермачкова Т.В. Весовое определение водорастворимых веществ в пыльце растений (К разработке методики оценки перекрестной плодовитости и самоплодности сортов на примере сортов яблони) // Вестник Мичуринского ГАУ, 2008. № 2. С. 120–122.

8. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат, 1988. 271 с.

9. Поддубная-Арнольди В.А. Ускоренные приемы микроскопических исследований на фиксированном материале // Бюл. Гл. Бот. Сада РАН СССР, 1954. Вып. 18. С. 95.

10. Поляков И.М. Современное состояние проблемы избирательности оплодотворения у растений // Общая биология. Т. 19. № 3. С. 24–31.

11. Пугачева Т.И., Гордей И.А., Василевская В.А. Пыльцевая продуктивность тритикале в связи с особенностями системы размножения // С.-х. биология, 1983. № 2. С. 46–50.

12. Пыльнев В.М., Рыжеева О.Н., Кривенко А.А. Особенности цветения и опыления разных форм озимой тритикале // Репродуктивные процессы и урожайность полевых культур. Одесса: ВСГИ, 1981. С. 17–23.

13. *Пыльнев В.В.* Практикум по селекции и семеноводству полевых культур М: Лань, 2014. 53 с.
14. *Рубец В.С., Пыльнев В.В., Митрошина О.В., Широколава А.В.* Спонтанное перекрестное опыление озимой гексаплоидной тритикале // Известия ТСХА. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. Вып. 4. С. 32–47.
15. *Рубец В.С., Пыльнев В.В., Митрошина О.В.* Некоторые результаты изучения прогамной фазы оплодотворения озимой гексаплоидной тритикале // Тритикале. Ростов-на-Дону, Вып. 5. 2012. С. 87–91.
16. *Рубец В.С., Пыльнев В.В., Митрошина О.В.* Результаты изучения спонтанного перекрестного опыления озимой гексаплоидной тритикале // Известия ТСХА. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. Вып. 2. С. 162–164.
17. *Сечняк Л.К., Сулима Ю.Г.* Тритикале М: Колос, 1984. 317 с.
18. *Симинел В.Д., Кильчевская О.С.* Особенности биологии цветения, опыления и оплодотворения тритикале. Штиинца, 1984. 150 с.
19. *Суриков И.М.* Несовместимость и эмбриональная стерильность растений. М.: Агропромиздат, 1991. 220 с.
20. *Тихенко И.Д.* Строение мужского гаметофита и прогамная фаза оплодотворения у тритикале различного уровня плоидности // Проблемы опыления и оплодотворения растений / Сб. науч. Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1986. Т. 99. С. 79–82.
21. *Шевченко В.Е., Шпилев Н.С.* Биология цветения яровых гексаплоидных (2n=42) тритикале // Науч. тр. НИИСХ ЦЧП, 1978. Т. 15. Вып. 3. С. 41–43.
22. *Шулындин А.Ф.* Тритикале — новая зерновая и кормовая культура Киев, 1981. 48 с.
23. *Шулындин А.Ф.* Тритикале. О выведении зерновых и кормовых пшенично-ржаных амфидиплоидов различной геномной структуры // Вестник с.-х. науки. 1971. № 11. С. 25–31.
24. *Heslop-Harrison Y., Heslop-Harrison J., Reger B. J.* The pollen-stigma interaction in the grasses. Pollen — tube guidance and the regulation of tube number in zea mays L. // Acta Bot. Neerl. 1985. Vol. 34. № 2. P. 193–211.
25. *Kiss A.* Improvement of the fertility of Triticale // Acta agron. Acad. Sci. Hung. 1965. Vol. 14. №3/4, P. 189–201.
26. *Swanson R., Edlund A.F. and Preuss D.* Species Specificity in pollen-pistil interaction // Annu. Rev. Genet. 2004. Vol. 38. P. 793–818.
27. *Tarkovski C.* Triticale. Cytogenetyka, hodovla i uprava. Warszawa: Pnstw. Wydwo nauk, 1975. Bd. 157. P. 91.
28. *Lange W., Wojciechowska B.* The Crossing of common wheat (*triticum aestivum* L.) with cultivated rye (*secale cereale* L.). I. Crossability, pollen grain germination and pollen tube growth // Euphatica. Vol. 25. 1976. P. 171–173.

## THE PECULIARITIES OF TRITICALE FERTILIZATION SELECTIVITY (×TRITICOSECALE WITTM.)

V.S. RUBETS, O.V. MITROSHINA, V.V. PYLNEV

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

*In this study the research of fertilization selectivity in the winter hexaploid triticale varieties was conducted. The fertilization selectivity can be one of cases of the cross-pollination. Therefore, to prevent the cross-pollination between triticale varieties it is necessary to know about availability of the fertilization selectivity.*

*The fertilization selectivity was determined in the progamic and postgamic stages of the fertilization. Emasculated florets of white spikes of the triticale varieties (Germes, Valentin, line*

21759/97) were pollinated with the red spike pollen of the triticale varieties (*Vodoley* and *Presto*), as well as with its own varieties pollen. Then the pistils were collected at 20, 45, 60, 90 and 120 min after pollination, and immediately fixed. The fertilization selectivity estimation in the progamic stage is indirect and includes the measurement of the pollen tube length on the temporary histological preparations of the pistil stigma by using the luminescent microscope. The direct estimation was conducted in the postgamic stage and included the count of the hybrid (red -spike) and non-hybrid (white spike) plants ratio, which were received as a result of the pollination of emasculated flowers of white spike of triticale varieties by pollen mixture. Pollen mixture consisted of 50% own pollen of the variety with white spike and 50% of another red spike triticale variety pollen.

In our work the varieties of wheat and rye were used to detect the characteristics of the progamic fertilization stage in triticale varieties.

Studies of fertilization selectivity in the rye showed that on the basis of pollen tube separation by length it is possible to suggest the characteristics of the progamic stage. This method indicates that the mean length of the pollen tube and content of the long pollen tubes are the most reliable characteristics.

The traits of self-incompatibility were absent in the investigated triticale varieties. The progamic stage of fertilization in the triticale occurred as much as in wheat. The pollen of the investigated triticale varieties possessed equal start capacity both in size and physiological state. Furthermore, it was shown that triticale varieties differed in the fertilization selectivity in the postgamic stage.

*Key words: triticale, wheat, rye, blossoming biology, fertilization selectivity, progamic phases of fertilization, postgamic phases of fertilization.*

**Рубец Валентина Сергеевна** — к. б. н., доц. кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-12-72; e-mail: selection@timacad.ru).

**Митрошина Ольга Вكتورовна** — асп. кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-12-72; e-mail: selection@timacad.ru).

**Пыльнев Владимир Валентинович** — д. б. н., проф. кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-12-72, e-mail: selection@timacad.ru).

**Rubets Valentina Sergeevna** — PhD in Biology, associate professor of the department of genetics, biotechnology, plant breeding and seed production, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-12-72; e-mail: selection@timacad.ru).

**Mitroshina Olga Victorovna** — PhD student of the department of genetics, biotechnology, plant breeding and seed production, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-12-72; e-mail: selection@timacad.ru).

**Pylnev Vladimir Valentinovich** — Doctor of Biological Sciences, professor of the department of genetics, biotechnology, plant breeding and seed production, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-12-72; e-mail: selection@timacad.ru).

УДК 581.1.035.2

## PHOTOPERIODISM IN CROPS

I.G. TARAKANOV

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

*Various aspects of photoperiodic control of growth and development in crops are reviewed. The mechanisms of photoperiodic signal perception, transduction and induction of further morphogenetic responses are described. Plant photoperiodic response provides the synchronization of their growth pattern with the seasonal events and, therefore, their better adaptation. At the same time high photoperiodic sensitivity can retard the dispersal of the important agricultural crops. These problems are solved with various breeding strategies.*

*Key words: agricultural crops, photoperiodism, adaptation, ontogenesis, productivity, plant breeding.*

### Abbreviations

GA: gibberellin(s)

LD: long day(s)

SD: short day(s)

LDP: long-day plant

SDP: short-day plant

DNP: day-neutral plant

LSDP: long-short-day plant

SLDP: short-long-day plant

CAM: Crassulacean acid metabolism

### Introduction

Photoperiodism is a response of a living system to the length of day, one of the crucial environmental factors which from year to year gives the most reliable information about the passage of the seasons. In plants, it provides the synchronization of growth pattern with the seasonal events [105, 110]. Such a response can be used as a means of avoiding or preventing the adverse effects of an associated or subsequent unfavorable environment.

An ability to constrain plant life cycle to a seasonal climate is clearly important, and photoperiodic control of growth and development appears to be one of the principal

mechanisms for achieving this, and so avoid climatic extremes of winter cold and summer drought [5, 82]. Survival of the individual may be ensured by daylength-dependent physiological and morphological changes that increase resistance to unfavorable conditions. The day-length signal precedes these stress conditions and triggers switch on of the adaptive programs; various changes in plant growth habit and metabolism are adaptations to a particular environment.

Day-length controls many plant responses, flower initiation being the most important one. It may also affect flower development, sex expression, growth rate, cambial activity, dormancy, senescence, tuberization, etc. Several lists on photoperiodic behavior cover over 2000 species, and about 80 to 85 % of the studied plants are quoted as displaying photoperiodic behavior [56]. Photoperiodic response is of greatest importance for crops. Day-length influences many aspects of their behavior and has significant effect on plant distribution and on crop yield.

Plants precisely time the onset of flowering to ensure reproductive success. A major factor in seasonal control of flowering time is the photoperiod. The length of the daily light period is measured by the circadian clock in leaves, and a signal is conveyed to the shoot apex to initiate floral transition accordingly. There was a profound progress in the studies both on physiological and agronomical aspects of the process of photoperiodism during the last decades. Cutting-edge studies on the molecular mechanisms of photoperiodic timing in plant development have shown its leading position together with vernalization control among existing flowering pathways [67].

## **Mechanisms of photoperiodic response**

### ***1. Photoperiodic signal perception, transduction, and realization***

In the photoperiodic control of flowering or tuberization, one could distinguish long-distance signaling with three successive steps: induction in leaves, commitment (evocation) to flowering or tuberization at the shoot apical meristem or at the stolon tip, and tuber initiation at the stolon tip or floral morphogenesis at the shoot apical meristem [97].

In photoperiodism, plants respond to the duration and timing of light and dark periods in daily cycles. The photoperiodic mechanism involves complex interaction of photoreceptors with a timing system which is most probably a circadian rhythm [44, 48]. Day-length measurement involves the integration of temporal information, provided by circadian oscillator, with light/dark discrimination, provided by photoreceptors [35]. Phytochromes are involved in the phase setting of biological clock in time measuring [35, 62, 63], and the effect of blue light on floral initiation in *Arabidopsis* also suggests the involvement of blue light absorbing photoreceptors, cryptochromes, providing control mechanism crosstalk in photoreceptor signaling [35].

Circadian rhythms have been found in all eukaryotes and in some prokaryotes, they are believed to follow an internal biological oscillator, often known as biological clock. Circadian clocks integrate environmental signals internal cues to coordinate diverse physiological outputs so that they occur at the most appropriate season or time of day. Recent studies using system approaches have also begun to reveal the importance of the clock to key agricultural traits in crop species [47]. In the last two decades, the molecular players in the photoperiodic pathway have been identified in *Arabidopsis thaliana*. Moreover, the intricate connections between the circadian clockwork and components of the photo-



periodic pathway have been unraveled. In particular, the molecular basis of time-of-day-dependent sensitivity to floral stimuli, as predicted by Bünning and Pittendrigh, has been elucidated [51].

Photoperiodic induction takes place in leaves as response to photoinductive day and night cycles, while evocation occurs in the meristems in response to arrival of flowering stimulus and leads to floral morphogenesis. Among the plants with pronounced environmental requirements there are many examples of apparently alternative pathways to evocation [12, 13, 29, 93, 116]. Earlier, it was proposed that both stimulus and inhibitor appear to be produced in plant, and floral evocation depends on the balance between them [58]. Either the floral stimulus can be produced by a great number of alternative pathways, or these are the conditions under which an inhibitor is *not* produced, or a variety of conditions can lead to the particular interplay of influences at the shoot apex which is conducive to evocation.

The evidence confirming that photoperiod leads to the production of transmissible flowering signals results from grafting experiments. For different flower-promoting factors are perceived by different parts of the plant, this implies that these parts interact and that the fate of apical meristem of becoming vegetative or becoming reproductive is controlled by an array of various long-distance signals [14]. As early as in 1936, the comprehensive studies of flowering led M.Kh. Chailakhyan to the concept of florigen, a hormonal floral stimulus, and let him establish several characteristics of this stimulus. These studies set up for many years the main avenues for research into the processes that control plant flowering, and the notion of florigen became universally accepted by scientists worldwide. The present-day evidence of genetic control of plant flowering supports the idea that florigen participates in floral signal transduction. The recent study of *Arabidopsis* plants led the investigators to the conclusion that the immediate products of the gene *FLOWERING LOCUS T*, its mRNA and/or protein, move from an induced leaf into the shoot apex and evoke flowering therein [3, 25, 46].

Plants monitor changes in photoperiod and temperature to synchronize their flowering with seasonal changes to maximize fitness. In the *Arabidopsis* photoperiodic flowering pathway, the circadian clock-regulated components, such as FLAVIN-BINDING, KELCH REPEAT, F-BOX 1 and CONSTANS, both of which have light-controlled functions, are crucial to induce the day-length specific expression of the *FLOWERING LOCUS T (FT)* gene in leaves. Recent advances indicate that FT transcriptional regulation is central for integrating the information derived from other important internal and external factors, such as developmental age, amount of gibberellins, and the ambient temperature. These factors interactively regulate the expression of *FT*, the main component of florigen, in leaves [95].

In *Arabidopsis thaliana*, chromatin mechanisms play critical role in flowering time regulation through the expression control of key flowering-regulatory genes. Various conserved chromatin modifiers, plant-specific factors, and long noncoding RNAs are involved in chromatin regulation of *FLOWERING LOCUS C (FLC)*, a potent floral repressor. The well-studied *FLC* regulation has provided a paradigm for chromatin-based control of other developmental genes. In addition, chromatin modification plays an important role in the regulation of *FT* which is widely conserved in angiosperm species. The chromatin mechanisms underlying *FT* regulation in *Arabidopsis* are likely involved in the regulation of *FT* relatives and, therefore, flowering-time control in other plants [45]. *FT* interacts with the basic leucine zipper domain (bZIP) transcription factor *FD*, and the resulting complex activates floral homeotic genes, such as *APETALA1 (API)*, to promote floral meristem identity and flower development [1].



The rice (*Oryza sativa*) *FT* homolog, *Hd3a*, interacts with the rice *FD* homolog, *OsFD1*, via a 14-3-3 protein. Formation of this tri-protein complex is essential for flowering promotion by *Hd3a* in rice. In addition, the multifunctionality of *FT* homologs, other than for flowering promotion, is an emerging concept [100].

Seasonal cues of day-length or winter cold trigger flowering of many species. Forward and reverse genetic approaches are revealing the mechanisms by which these responses are conferred. Homologues of the *Arabidopsis thaliana* *FT* protein are widely used to mediate seasonal responses to day length and act as graft-transmissible promoters or repressors of flowering. Winter cold in *A. thaliana* promotes flowering by repressing transcription of the MADS box gene *FLOWERING LOCUS C (FLC)*. The mechanism by which this occurs involves a complex interplay of different forms of long noncoding RNAs induced at the *FLC* locus during cold and changes in the chromatin of *FLC*. In perennial relatives of *A. thaliana*, flowering also requires the age-dependent down-regulation of miRNA156 before winter [84].

## **2. Juvenility and competence to photoperiodic induction**

During the vegetative period the pre-inductive phase (juvenile or basic vegetative phase) is followed by inductive one. Post-inductive phase is not sensitive to photoperiod again.

Juvenility is the early period in plant life when it cannot respond to various stimuli by flowering. In herbaceous plants, it was classically believed that all meristems, young or old, are competent. In this case, juvenility seems unrelated to meristem incompetence but is due to physiological limitations in other plant parts. However, the situation appears to be not that simple: in pea, for example, length of juvenile phase is controlled by several genes [11]. In late varieties of *Pisum*, the juvenile stage can last up to 50 nodes, can be shortened by vernalization, and have interactions with day-length, earlier flowering being promoted in SD but not in LD [43].

After perceiving the floral stimulus, the apices of some species are permanently transformed, producing reproductive organs without a further environmental stimulus. Other species require repeated photoperiodic induction, reverting to vegetative habit in the absence of such signals [13].

### **Photoperiodic response groups**

The classification of plants according to their photoperiodic responses traditionally was set up on the basis of flowering control, though other crucial processes (tuberization, dormancy, etc) are affected by day-length as well. The main photoperiodic groups are the following:

1. Short-day plants (SDP) only flower, or flower most rapidly, with fewer than a certain number of light hours in each 24 hour cycle.
2. Long-day plants (LDP) only flower, or flower most rapidly, with more than a certain number of light hours in each 24 hour cycle.
3. Day-neutral plants (DNP) indifferent to day-length and flower at the same time irrespectively of photoperiodic conditions.

Within these groups plants with absolute photoperiodic responses, where a particular day-length is essential for flowering, and quantitative photoperiodic responses, where particular day-length promotes but is not essential for flowering, could be found.

Critical day-length is defined as the day-length below which the flowering of SDP occurs, or above which the flowering of LDP occurs. The critical day-length often varies within ecotypes, especially in species with wide latitudinal or altitudinal dispersion. It is increasing with increased latitude or altitude providing plant adaptation to the shorter growing season in these habitats. Therefore, in photoperiodism the terms “long days” or “short days” refer to their relationship to the critical day-length rather than their absolute duration [104].

Some plants show dual photoperiodic requirements that change during ontogenesis. For example, in *Cestrum nocturnum* flowering occurs in SD only after plants have previously received a sufficient number of LD (long-short-day plants, LSDP) [86]. In *Scabiosa succisa*, flowering occurs in LD only in plants that have previously received SD (short-long-day plants, SLDP) [23]. In another SLDP, celery, vernalization during SD is required for transition to flowering. A few species have rather specialized day-length requirements. Some flower only when the day is neither too long, nor too short (intermediate-day plants); others flower rapidly in either SD or LD, at intermediate day-length their flowering is delayed (ambiphotoperiodic plants).

## **Eco-physiological background to photoperiodic response**

### ***1. Photoperiodism and plant reproductive strategies***

Timing of flowering is the key to the reproductive success of many plants. In temperate climates, flowering is often coordinated with seasonal environmental cues such as temperature and photoperiod. It is clear that within a species the possession of an attribute such as photoperiodic behavior confers some competitive advantage over other species within the constraints of space (ecological niche, latitudinal limits) and of time (season of year) [82]. Plants rely on photoperiodic signals to trigger their seasonal responses - either to minimize or to avoid potentially lethal stress or to become fruitful and multiply under favorable conditions. For example, a long-day response in high latitudes can synchronize flowering with the high light integral of summer and thus to support the assimilate demand of seed production; alternatively, a short-day response may enable a woodland species to complete its reproductive cycle before the canopy closes [110]. In photoperiodically sensitive species, the onset of sexual or vegetative reproduction is governed by the relationship between the actual day-length and a critical or threshold day-length of genotype [105]. Plants in which flowering is accelerated by SD (SDP) generally flower in autumn before the adverse temperatures of winter; plants in which flowering is accelerated by LD (LDP) generally flower in favorable conditions of late spring or in the beginning of summer [35].

For an annual species, competitive advantage is expressed in seed number. One strategy of requirement for a delay in flowering is to produce a vegetative plant capable of supporting relatively large number of flowers and the complete development of resultant seeds. Another strategy could be observed in an ephemeral plant with a short life cycle and a low seed production; several generations within growing season give a large seed number spread in time. For perennials, the situation is more complex, and their periodicity could be controlled besides day-length by some additional signals such as temperature, water supply etc. Therefore, photoperiodic response that determines rhythm of growth and development in numerous species appears to be an important component of their regenerative strategies [38, 78].

## **2. Geographical origin of plants and photoperiodic response**

The behavior of plants in the wild is closely related to their environment. So, information on the eco-physiological background to photoperiodic response in various species can be obtained after analysis of their geographical dispersal and rhythms of growth and development.

Day-length and irradiance change with season and latitude. In temperate climates, the growing season is centered around the spring and summer months when days are warm and long. Therefore, the vast majority of crop species that originate from the temperate latitudes are LDPs. Some are sensitive to low temperature and only respond to LD after they have experienced a cold period (after vernalization). This dual response prevent premature flowering in plants growing from seed, shed in summer and which will experience relatively LD before the start of cold season [83].

The timing (calendar-related) synchrony is less important in the tropics than in higher latitudes. However, the importance of seasonal timing of flowering is increasing in the moist tropics. Though the seasonal day-length change is much less here than at high latitudes, some local land races of rice, *e.g.*, show extremely high sensitivity to small changes of photoperiod [28, 76]. In more tropical climates the growing season is generally delimited by lack of rain. Crops become reproductive towards the end of the wet season, when day-lengths are shortening. So far all tropical and subtropical crops are SDP. DNP also occur both in temperate and tropical crops [83]. Major crop legumes fall into two major groups with respect to their flowering-time control: warm season crops such as soybean (*Glycine max*) and common bean (*Phaseolus vulgaris*), which require short days for flowering, and the temperate, cool-season crops such as pea (*Pisum sativum*), lentil (*Lens culinaris*), and chickpea (*Cicer arietinum*), which are long-day plants (72). While ancestors of many legume crops are geographically constrained by their photoperiod requirements, the isolation of variants with relaxed requirements has allowed cultivation across a much wider range and provided adaptation to a range of agronomic practices (114, 117).

A wide array of response types could be observed in perennial grasses and weeds. With kangaroo grass, *Themeda australis*, *e.g.*, genotypes from the northern, summer rainfall region of Australia are SDP, while those from the southern, winter rainfall areas are LDP, their requirement quite weak in the drier inland regions, but enhanced by vernalization requirement in the coldest regions. At intermediate latitudes some intermediate-day genotypes are found [32].

Various response types (both qualitative and quantitative) can be observed within widely adapted species of domesticated plants, as well [103]. The selection of cultivars for different latitudes had led to a wide range of sensitivities; for example, some cultivars of soybeans at the northern end of the species range can be successfully grown only within an 80 km band of latitude [41].

## **3. Interaction with temperature**

The plant response to day-length may be profoundly modified by environmental or other factors, temperature and plant age being the most important ones. Their effect can induce both quantitative and qualitative changes in plant behavior. There is a variety of interactions between day-length, irradiance, and temperature in natural populations of different origin. Plants make use of temperature signals - either as precondition for a subsequent photoperiodic response, as in vernalization, or as a modifier of their photoperiodic response.

Plants monitor changes in photoperiod and temperature to synchronize their flowering with seasonal changes to maximize fitness. Vernalization is an example of temperature influencing the timing of flowering and is defined as the process by which a prolonged exposure to the cold of winter results in competence to flower during the following spring. In cereals, three genes (*VERNALIZATION1* [*VRN1*], *VRN2*, and *FLOWERING LOCUS T* [*FT*]) have been identified that influence the vernalization requirement and are thought to form a regulatory loop to control the timing of flowering [37]. It is important to recognize that a photoperiodic response could lead to confusion between spring and autumn, since the absolute day-lengths experienced at these times are the same [109]. Associated responses to low temperature conditions provide clear information about the season and synchronization of the plant life cycle with it. Cold-temperature vernalization ensures that winter annuals, biennials and some perennials respond only to day-length in spring. In some cold-requiring plants LD (or SD) may substitute for vernalization [70].

Warm temperature modifications of the photoperiodic response enables timing to be finely tuned so that flowering occur earlier or later if the season is warmer or cooler than usual [83]. High or low temperatures can modify plant critical day-length providing flower induction under relatively unfavorable photoperiod. In onions, high temperature decrease plant sensitivity to SD conditions in low latitudes, providing bulbing of tropical cultivars [18, 19, 26]. Lower temperature-dependent flowering regulation, has been characterized recently and temperature also regulates FT in leaves [95]. The effects of ambient temperature on flowering time are mediated in early and late flowering *Arabidopsis* mutants at the level of photoreceptor activity and also at the level of transcriptional regulation of *FT* [40], *FVE*, *FCA*, *FLC* [17], respectively. There are also indications that other genes could also participate in this response [8].

## **Photoperiodic control of sexual reproduction**

### ***1. Flower initiation***

The great number of responses observed in plants are connected with the effect of day-length on their sexual reproduction. Photoperiodic control provides more or less synchronous flowering and subsequent successful outcrossing. Synchronization of flowering with favorable external conditions is another feature of the role of photoperiodism in the survival strategy of plant population. The timing of the transition from vegetative growth to flower formation is of great importance in agriculture, horticulture, and plant breeding.

#### *1.1. Length of juvenile phase*

Morphogenetic switch connected with the transition of shoot meristem from leaf production is investigated intensively in photoperiodic species. Before flower initiation some vegetative growth must have occurred. Juvenile plants cannot be induced to flowering by any treatment; only few exceptions refer to the stress responses. The length of juvenile phase is a component of the overall competitive strategy of the plant and is part of the cultivar genetic program [104]. Differences between early and late maturing cultivars, including DNP, are determined to a great extent by the variation in their juvenile phase length.

The failure of young plants to flower in response to photoperiodic induction can be determined either by the lack of the apex ability to respond to floral stimulus, or the failure of hormone production in leaves. Competence to photoperiodic induction with the subsequent

floral transition of meristems in annual herbaceous plants usually could be observed within several days or weeks after emergence. And in various woody perennials juvenile phase may last for years. However, application of plant growth substances in conifers, *e.g.*, was shown to be effective in the induction of their early flowering [78].

### 1.2. Multifactorial control of flowering

Appropriate timing of the shift from vegetative to reproductive growth is an important determinant of plant fitness. The time at which a plant flowers is determined through integration of signals reflecting extrinsic and intrinsic conditions, such as photoperiod, the duration of cold, plant health, and age [5]. Clearly, there are alternate pathways to flowering. Among the endogenous factors involved in the control of flowering, both nutrients and hormones are found, in line with the concept that this control is multifactorial and does not simply result from nutrient diversion [11, 14]. Genetic analyses in *Arabidopsis* have allowed identification of many genes involved in flowering time regulation [67, 93]. Several pathways regulate the expression of a few key genes known as flowering signal integrators whose main function is to regulate the expression of genes specifying flower meristem identity [8, 52]. Photoperiod pathway is one of the most important pathways regulating the timing of the floral transition [48]. Under long-day inductive conditions in *Arabidopsis*, photoperiod pathway components act to promote flowering by inducing *CONSTANS* (*CO*) and downstream genes. The floral integrator *FT* is a major target of multiple flowering pathways and the photoperiod pathway in particular. It is directly activated by *CO* [87]. Under LD conditions, the peak of *CO* expression is coincident with the presence of light, and *CO* activates *FT* expression in the leaf vascular system [120]. *FT* travels through the phloem to the shoot apex [25], where, together with *FLOWERING LOCUS D* [1, 118], it activates *APETALA1* (*AP1*) and other floral meristem identity genes, starting the flowering process. Other flowering time pathways converge on *FT* and/or directly impact gene expression in the meristem. The changes in gene expression that accompany the floral transition must be rapid, robust, largely irreversible, and strictly controlled spatially. This is achieved through positive feed-forward and negative feedback loops involving multiple regulatory factors [53]. Members of the MADS-box family of regulatory factors are central players in the regulatory loops controlling the floral transition [94]. MADS-domain factors typically act in large multimeric complexes and are well suited for regulation that involves combinatorial action. During the floral transition, MADS-domain proteins can act either as repressors or activators. In *Arabidopsis*, important floral repressors include *SHORT VEGETATIVE PHASE* (*SVP*) and members of the *FLOWERING LOCUS C* (*FLC*)-like group, including *FLC*, *FLOWERING LOCUS M* (*FLM*)/*MADS AFFECTING FLOWERING1* (*MAF1*), and *MAF2* to *MAF5*. Promoters of flowering include such MADS-domain factors as *SUPPRESSOR OF CONSTANS1* (*SOC1*) and *AGAMOUS-LIKE24* (*AGL24*). Together with non-MADS-box proteins *FT* and *TWIN SISTER OF FT*, *SOC1* and *AGL24* function as floral integrators. These operate downstream of the flowering time pathways but upstream of the meristem identity regulators such as *LEAFY* (*LFY*) and the MADS-domain factor *AP1*. The MADS-domain factors *AGL15* and *AGL18* also contribute to regulation of the floral transition in *Arabidopsis*. *AGL15* and *AGL18*, along with *SVP* and *AGL24*, are necessary to block initiation of floral programs in vegetative organs [34].

Photoperiod is the most important environmental variable to which plants couple their flowering [109], and gibberellins (GAs) are central nodes in networks connecting environmental inputs to growth and development [24]. The DELLA proteins act as repressors of GA signaling, and are destabilized by GA (GA–GID1–DELLA module) [42].



Although it is known that GA signaling integrates various endogenous and environmental signals, the molecular basis of their modulation of plant growth and development is only now beginning to be understood. The current suggestion is that the DELLA proteins act as one possible quantitative modulator of plant growth, achieved by integrating multiple environmental and hormonal signals via protein–protein interactions [119]. Besides, a DELLA-independent pathway is also involved in the regulation of GA responses.

### *1.3. The length of induction treatment*

Various plant species, or plants within population, usually require different number of inductive day-night cycles before an irreversible commitment to form flowers, called floral evocation, is reached [11, 13]. In many species flower evocation (or apex induction) is particular sensitive to day-length, flower differentiation less so. The opposite situation is observed in *Papilionaceae* family, for example.

Inadequate time of induction (insufficient number of photo-inductive cycles or when the cycles are near to the critical day-length) may seriously affect further development of flowers, resulting in their complete or partial abortion. When the induction is minimal, flowers abort at an early stage; when the induction is stronger, flowers develop, but sporogenesis may be inhibited, microspore formation being more sensitive [109]. Both anther and carpel development may respond to photoperiodic conditions. Either male or female sterility may be affected in different species. Among economic plants effect of photoperiod on fertility was studied in soybeans [73], maize [66] and some other crops.

### *2. Effect of photoperiod on the formation of reproductive structures*

Photoperiodic effects on flower initiation and development are known to be important determinants of yield in many of the major crop species [30, 98, 112]. Day-length is an important regulatory factor in the initiation and development of inflorescence in the cereal crops including both LDP (temperate cereal grains such as wheat and barley) and SDP (maize, sorghum, and rice). Day-length is also known to influence some components of yield, such as spikelet number in wheat [113] and grain weight and spikelet fertility in spring barley [55]. In grasses, the timing of the inflorescence meristem transition to floral meristems is critical to determine inflorescence architecture; *Arabidopsis LFY* and *TFL1* (promoting floral meristem identity or indeterminate state, respectively) homologs play a role in it [106]. As for the grain legumes, the photoperiodic requirements for flower development are more stringent than those for initiation [91]. The period of anthesis and seed set is a critical stage in their development, and a serious loss of buds, flowers, and immature pods usually occur under unfavorable day-length [41, 91].

### *3. Sex expression*

Sex expression in various plant species is controlled by the day-length. Either femaleness or maleness may be enhanced by photoperiod. Within dioecious species, relative femaleness (higher proportion of female to male flowers) is promoted by SD in hemp and hops [107] and by LD in spinach [22]. High responsiveness is also observed in monoecious plants. SD promotes femaleness in SDPs maize [88], cucumber and other cucurbits [74]. This response must be taken into consideration during introduction of the cultivars and for better timing of the crops, especially in the greenhouse production of cucumbers.

## Photoperiodic control of vegetative growth and reproduction

### 1. *Vegetative growth and biomass accumulation*

As it was mentioned above, numerous processes in plant besides flowering are sensitive to photoperiodic conditions, directly or indirectly. The principal responses are reviewed briefly below.

Effect of photoperiod on vegetative growth can be direct or indirect. The distribution of dry matter can be profoundly modified by day-length as it is clearly seen in the control of tuber and bulb formation. These changes in the growth habit can result partly from the changes in the assimilate partitioning due to the appearance of the new sinks. However, there is evidence of direct effect of photoperiod on the distribution of dry matter and growth habit in various life-forms, including changes in branching patterns [115]. In grasses, it is associated with greater tillering in SD than in LD (reduction of tillering in LD can be observed even in plants grown without vernalization, that is influence of a developing inflorescence as a sink was eliminated) [75, 85, 115].

Plant vegetative growth and biomass accumulation can be modified by photoperiodic conditions either being linked with determination of flowering or independently. In rosette LDPs, the stem elongation usually accompanies flower initiation [79]. Early induction of flowering decreases both biomass production and seed yield in early maturing varieties. In late maturing varieties, competence to photoperiodic induction appears in the life cycle later, resulting in increased branching, leaf area duration [18] and yield. In numerous vegetable salad crops, long juvenile phase (late competence to photoperiodic stimulus) is a desirable character providing their bolting resistance and, therefore, high quality of the yield. Thus, modern lettuce varieties are grown with artificial lighting under extremely long photoperiods without risk of bolting (highest lighting efficiency at photoperiod 20 h) [49].

Leaf growth and branching habit, stem elongation and rooting capacity are often under photoperiodic control, as well. In the succulent plants, the degree of succulence and leaf morphology can be influenced by the day-length, providing their better adaptiveness in the arid climate [89, 121]. Formation of the specific photosynthetic structures and dramatic adaptive changes in metabolism are observed in CAM plants in response to the increasing day-length before the period of drought [20]. Another example of seasonal dimorphism can be found in several chamaephytes of Mediterranean and desert vegetation. Large spring leaves are shed in early summer; they are changed by smaller summer ones, that results in reduction of plant transpiring mass when water stress is likely to occur. In autumn large leaves are produced again. These unique seasonal changes in growth habit are dependent upon day-length [10].

### 2. *Photoperiodic control of dormancy*

Dormancy is an example of adaptation to unfavorable environmental conditions to which the dormant plant or organ is more resistant than the non-dormant one (stress avoidance strategy). Dormancy may involve a suspension of growth without the production of special structures as in *Weigela florida* [109], but usually specialized resting organs are produced. Such processes are of great importance as the induction of dormancy, bulb and tuber formation in perennial plants are controlled by photoperiod.

Photoperiodic conditions can promote breaking of dormancy, as well. The control of the bud break time by day-length may be of special importance for the breaking of

dormancy in woody species in regions of warm winters [109]. Photoperiodic responses of grains to light, coupled with light intensity may have a very significant role in controlling germination of some grass seeds [92].

In the vast majority of woody plant species, the rate and duration of elongation growth or cambial activity is increased by LD, while in SD their growth rate is decreasing and the onset of dormancy is hastened. Resting structure formation, including resting buds, is induced by SD. Only few exceptions exist: dormancy in onions (formation of bulbs) or desert liverwort *Lunularia cruciata* [90] is induced by LD. In deciduous plants, dormancy is accompanied by the shedding of the leaves, leaf fall being directly influenced by photoperiodic conditions in many species [36]. This provides plant survival under water stress when water supply is dramatically reduced either due to low temperature blocking root activity or because of poor precipitation during the dry season. Bud dormancy is not induced by the short days of spring which follow immediately after dormancy had been broken by winter low temperatures; at this stage bud growth is usually insensitive to day-length which in autumn induces dormancy.

### ***3. Photoperiodic control of storage organ formation***

Vegetative storage organs are of special interest in some crop plants. Perennating storage organ formation is a result of lateral swelling in a number of plant tissues including stems (corms and tubers), roots (tuberous roots), and leaves (bulbs). Their development is usually followed by cessation of growth and senescence of the leaves and other plant parts. The change of plant morphogenetic pattern in some life-forms can be followed by the alteration in leaf morphology. Thus, bulb formation in *Alliums* induced by LD involves modifications of growth to form scales; the lamina is suppressed while leaf base lateral growth is increased.

The control of tuber and bulb formation have the same features as other photoperiodic phenomena. Phytochromes and cryptochromes appear to be the main photoreceptors, and the whole mechanism is very similar to that of the photoperiodic control of flowering. The perception of photoperiodic signal occurs in the leaves; stimuli originating there are translocated to the responsive organs and tissues. No unique tuber or bulb evoking stimulus has yet been identified. The concept of florigen, postulated in the early 1930s, has taken form after the identification of the FLOWERING LOCUS T (FT) protein as the flowering-inducing signal. Besides their role in flowering, *FT* genes were subsequently reported to play additional functions in other biological processes. This is particularly relevant in the nightshades, where the *FT* genes appear to have undergone considerable expansion at the functional level and gained a new role in the control of storage organ formation in potato (*Solanum tuberosum*). Neofunctionalization of FT homologs in the nightshades identifies these proteins as a new class of primary signaling components that modulate development and organogenesis in these agronomic relevant species [2]. Recent studies have led to the identification of members of the *FT* gene family as major component of the tuber-inducing signal and the characterization of circadian and photoperiodic components involved in the regulation of these genes. A relevant role of microRNAs in the control of storage organ formation has been established, and hormonal balance requirements similar to those controlling shoot branching were shown to be implicated in the activation of stolon meristem cells. Finding that *FT* controls branching through direct interaction with the TCP factors holds great promise for the identification of genes acting as *FT* signal integrators in the stolon [71].



As with flowering, the development of storage organs is an inductive process. However, bulbing is photoperiod-dependent right until maturity. Therefore, photoperiodic induction of bulbing seems to differ in this respect from photoperiodic induction of flowering which is truly inductive and requires photoperiodic stimulus for its initiation only [54].

Most photoperiodically induced storage organs are favored by exposure to SD, except bulbs in *Allium*. In onions, SD is unfavourable for bulbing and further response to inductive low temperature (vernalization) results in flower initiation; after that LD conditions usually accelerate flower-stalk emergence. Some tropical onion varieties have no vernalization requirement, and their transition to bulbing or flowering is determined exclusively by the day-length [101]. Besides onions, dual photoperiodic response can be observed in some other species. In potatoes, SD promotes tuber formation, and LD is favorable for flowering. As for Jerusalem artichoke, both tuberization and flowering are promoted by SD conditions.

There is considerable variation in the level of photoperiodic sensitivity within the species grown in a wide range of geographical localities. In potato, some cultivars have an absolute SD requirement for tuberization, but the great number of cultivars form tubers in LD as well, providing they disperse in the higher latitudes. Though in SD tuberization is accelerated, the final yield usually is higher in LD where vegetative growth is prolonged [81].

In onions, bulb formation is qualitatively dependent on exposure to LD conditions. However, there is considerable variation in critical day-length within cultivars. It is much lower in tropical genotypes, providing their proliferation in low latitudes. High temperature enhance bulbing; this response is of special importance for bulbing under SD conditions, as well. In the extremely LD bulb formation occurs sooner, and many tropical cultivars demonstrate ephemeroid rhythm of growth and development after introduction to higher latitudes. Only small bulbs can be produced here because of the decreased leaf area duration and early plant senescence [9, 18]. On the other hand, late competence to photoperiodic signal observed in some genotypes prevents rapid onset of bulbing providing emergence of the new leaves and further increase in photosynthetic capacity. This results in increased bulb yield under LD conditions. The same goals can be achieved in autumn-sown onions when plants are influenced by short photoperiod at the beginning of vegetation.

Besides formation of storage organs, photoperiodic conditions may affect growth of some other vegetative reproductive structures. The production of runners in strawberries, a SDP for flower initiation, is dependent on the exposure to LD, for example [39].

### **Genetics of photoperiodism**

It is clear that genes are primarily responsible for the major differences that exist between LDP and SDP, or between the plants that have different length of juvenile phase, or need different number of inductive cycles [60].

In several major crops the genes for photoperiodic response have already been identified. In wheat, *e.g.*, it was found that variation amongst chromosomes, particularly at the *Ppd 1* and *Ppd 2* loci are responsible for the close adaptation of the major groups to different geographical regions. And the Green Revolution wheat species bred in Mexico owe their wide adaptability to an allele of *Ppd 1* conferring insensitivity to day-length [60]. As a result, these cultivars were grown under the SD winter conditions in India and Pakistan successfully. The *Ppd* genes have effects on time to ear-emergence, plant height and plot yields [59].

Besides photoperiod, differences between winter and spring wheat in their response to temperature (vernalization) are determined by vernalization genes *Vrn*. It seems that in various wheat forms there is temporal specificity in the activation of *Ppd* and *Vrn* systems. [37].

One of the most extensively studied genetic systems for the photoperiodic control of flowering was described for pea [69]. There are several major loci that confer or modulate the plant ability to perceive and respond to day-length changes. Various genes control the formation of flowering inhibitor and photoperiodic response at low temperature, competence of meristem to floral stimulus and apex aging.

The evaluation of the genetic effect contribution to varietal performance under a range of conditions should lead to definitions of optimal genotypes for particular environments which would be of great value for plant breeders.

Under marginal photoperiodic conditions, the analysis of growing form and some quantitative characters within varietal populations of several vegetable crops, *e.g.*, shows significant variation in biotype developmental rhythms. Some of the genotype by environment interactions within various biotypes can be ascribed to the differences in the length of juvenile phase, critical day-length and civil twilight sensitivity [102]. These determinants of photoperiodic response must be taken into consideration for crop timing, breeding design and population screening.

### **Manipulation of photoperiodic response by selection and breeding**

The adaptive advantage of photoperiodic response allows wild species to occupy successfully well-defined geographical locations and ecological niches. However, it presents agriculture with the problem of reversing evolutionary trends in order to increase the range for providing their crop species cultivation adaptiveness to the various geographical locations [27]. High photoperiodic sensitivity can retard the dispersal of certain genotypes. What may seem optimal for adaptation may not be so for the yield.

#### ***1. Modification of photoperiodic responses by selection***

Modification of the photoperiodic response of domesticated plants by selection, much of it done unconsciously, has played a major role in adapting landraces and varieties to local conditions, permitting the spread of crops to new regions and environments, improving yield potential and reliability [31, 103]. Many successful crop plants share with weeds the property of adaptability to a wide range of environmental conditions [7]. The mechanism controlling their germination and flowering have been relaxed to some extent under selection. In many modern varieties of soybean, potatoes, wheat, and rice, for example, control of flowering by day-length is far less stringent than in related wild species [30]. With tropical crops grown under irrigation, such as rice, whereas previously it was advantageous for varieties to flower only at the end of the wet season, so that the grains grew on stored soil water and could be dried and harvested in sunny weather, now the emphasis is on using irrigation to grow several crops of rice per year, with the consequence that their flowering must be insensitive to day-length [31].

However, wild progenitors and crop plants, especially local landraces, are not consistently different in their sensitivity to photoperiodic conditions. Modern wheat cultivars from high latitudes often show an absolute requirement for LD, possibly to avoid frost injury to the young inflorescence [30]. And some tropical rice species, SDP, show

an extreme sensitivity to day-length [28, 76] that may also be adaptive. For example, floating rice must delay its flowering until the monsoon floods recede, or the grain cannot be harvested.

## ***2. Modern strategies in plant breeding***

When crop plants are considered, day-length responsiveness is a major factor to be taken into consideration in selection for improved productivity of wide geographical dispersal. Independence of day-length is specified as a desirable character in both Mexican wheat and IRRI rice breeding programs, to aid trans-world adaptation. The new varieties released were less sensitive to photoperiod and could therefore be planted more widely. Besides, shorter duration varieties were also important to increase productivity because they fit better in double or multiple cropping situations, were often less susceptible to drought and other stresses as well as insect and disease attacks because of shorter time in the field [80]. As a result, “history records no increase in food production that was remotely comparable in scale, speed, spread and duration” [61].

High photoperiodic sensitivity of a cultivar often can hamper its dispersal and limit the cropping area. It does not always follow, however, that the best approach is to breed for day neutrality. Though in selecting stable varieties - especially for the major cereal crops - significant gains have been achieved in adaptability and hardiness to stressful crop-growth conditions, the gains in stability selection may be compromised by selection for responsiveness, and vice-versa [6].

Therefore, photoperiodic control of flowering offers alternative strategies for the plant breeder. One strategy is to breed for responses that are tailored to make the best use of particular season conditions. Another strategy is to decrease day-length control so that autonomous induction occurs and flowering is no longer under strict control of environment [111].

### **Improving yield potential**

#### ***1. Genetic background***

According to the strategy of sustainable agriculture, among the factors that will influence the types of new agricultural technologies in the 21<sup>st</sup> century there will be a need for a greater specificity and, therefore, tailoring of genetic materials and agronomic practices for specific production locations [80]. The combination of improved biological potential of crops and intensive crop management has produced many benefits.

Adaptation to photoperiod can be an important component of high crop yields, and cultivars with developmental patterns tailored to make the best possible use of particular geographical and seasonal conditions offer an alternative strategy to the breeding of cultivars without day-length and temperature sensitivity [110]. Furthermore, there are some horticultural plants where a strong response to photoperiod enables their flowering time to be artificially manipulated and precisely controlled, providing the high yield of a good quality.

The manipulation of genotype flowering time to increase its yield potential may run counter to the changes involved in selecting for wider adaptation or greater yield stability [31]. Closer adaptation to local conditions and later flowering with more growth before it tend to enhance yield potential. The yield is often positively correlated with leaf number

and area and time to flowering under irrigated conditions. Changes over the last century among Philippine rice varieties illustrate some of the cross-currents and compensation factors [33]. The traditional local varieties were mostly sensitive to photoperiodic conditions, but varieties bred in the 1930s even more sensitive and the latest to flower in the field. As more rice was grown under irrigation, outside the wet season, varieties that were less strongly SD-requiring and that flower faster were selected. In the 1960s the trend towards day-length insensitivity became more pronounced but that towards faster flowering was reversed by the selection of varieties like IR 8 with a longer juvenile phase, associated with greater yield potential. And now, selection is focused on varieties with a shorter juvenile phase, so that more crops per year can be grown, but without a reduction in yield potential.

Another example of selecting plants to fit closely a given aspect of environment could be observed, *e.g.*, in sorghum. In West African genotypes of this plant, flowering has been selected to coincide with the average date of the end of rainy season (itself determined by latitude) so that grain loss by insect and fungal attack is minimized by dry conditions [68].

## ***2. Adaptation of technologies***

Some commodities and production technologies developed are inherently more sensitive to environmental factors than others. A common assertion is that crop-related technologies have more limited transfer potential than livestock technologies [77].

When a cultivar with appropriate level of photoperiodic sensitivity is chosen, precise timing of the crop can provide an effective use of its yield potential. In soybeans, at low latitudes plant is usually performed a month before the longest day, especially for early cultivars, so that plants are not stunted by premature photo-induction which may decrease yield [91]. In subtropical regions, sowing of onions in late summer will result in their bolting; for bulb production sowing is usually performed two months later.

## ***3. Environmental manipulation of flowering.***

Environmental manipulation to control the incidence, timing and quality of flowering is characteristic of modern horticulture. Control of day-length has long been applied to maintain year-round production of flowers in both SDP and LDP. In vegetable crop production, *e.g.*, day lengthening techniques is used to prevent bolting in celery grown in greenhouses during winter season.

As for the field crops, sugar cane is one of few examples of environmental manipulation of flowering. Its intermediate day-length response limits flower induction to a brief period each year, the first 20 days of September in Hawaii, and exposure to light breaks on at least 5 of these 20 nights prevents flowering and raises sugar yields [64]. It is an effective control system, although costly. An alternative is to stress the crop by withholding irrigation water for a month prior to induction.

## **Conclusions**

The dual concerns of maintaining the resource base and increasing crop yields are connected with the progress towards formation of sustainability perspective into agricultural research that should be in the context of specific geographical areas, production systems, and resource concerns. All these issues are interrelated with the problem of photoperiodism in

plants. The advantages and disadvantages of responsiveness to photoperiod are considered for the field crops grown in natural environment and for glasshouse crops, where flowering time could be manipulated with artificial photoperiods. Day-length influences many aspects of plant behavior and has significant effect on plant distribution and plant yield. Therefore, photoperiodic response must be taken into consideration during technology transfer in plants and transfer of plant cultivars.

### References

1. Abe M., Kobayashi Y., Yamamoto S. et al. FD, a bZIP protein mediating signals from the floral pathway integrator FT at the shoot apex // *Science*. 2005. Vol. 309. P. 1052–1056.
2. Abelenda J.A., Navarro C., Prat S. Flowering and tuberization: a tale of two nightshades // *Trends Plant Sci*. 2014. Vol. 19. P. 115–122.
3. Akseva N.P., Milyaeva E.L., Romanov G.A. Florigen goes molecular: Seventy years of the hormonal theory of flowering regulation // *Russian J. Plant Physiol*. 2006. Vol. 53. P. 401–406.
4. Amasino R.M. Vernalization, competence and the epigenetic memory of winter // *The Plant Cell*. 2004. Vol. 16. P. 2553–2559.
5. Amasino R.M., Michaels S.D. The timing of flowering // *Plant Physiology*. 2010. Vol. 154. P. 516–520
6. Anderson J., Hazell P.B.R. // *Agricultural Technology: Policy Issues for the International Community*. Wallingford: CAB International. 1994. P. 321–339.
7. Anderson E. *Plants, Man and Life*. London: Andrew Melrose. 1954.
8. Ausin I., Alonso-Blanco C., Martinez-Zapater J.-M. Environmental regulation of flowering // *Int.J.Dev.Biol*. 2005. Vol. 49. P. 689–705.
9. Austin R.B. Bulb formation in onions as affected by photoperiod and spectral quality of light // *J. Hort. Sci*. 1972. Vol. 47. P. 493–504.
10. Berliner R., Orshan G. Effect of photoperiod on seasonal dimorphism, flowering and fruiting of *Sarcopoterium spinosum* (L.) SP. // *Israel J. Bot*. 1971. Vol. 20. P. 199–202.
11. Bernier G. The control of floral evocation and morphogenesis // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* // 1988. Vol. 39. P.175–219.
12. Bernier G., Kinet J.-M., Sachs R.M. *The Physiology of Flowering*. Vol. 1. Boca Raton: CRC Press. 1981.
13. Bernier G., Kinet J.-M., Sachs R.M. *The Physiology of Flowering*. Vol. 2. Boca Raton: CRC Press, 1981.
14. Bernier et al. Physiological signals that induce flowering // *Plant Cell*. 1993. Vol. 5. P. 1147–1155.
15. Bernier G., Périlleux C. A physiological overview of the genetics of flowering time control // *Plant Biotechnol J*. 2005. Vol. 3. P. 3–16.
16. Blazquez M.A., Weigel, D. Integration of floral inductive signals in *Arabidopsis* // *Nature*. 2000. Vol. 404. P. 889–892.
17. Blazquez M.A., Ahn J.H., Weigel D. A thermosensory pathway controlling flowering time in *Arabidopsis thaliana* // *Nat. Genet*. 2003. V. 33. P. 168–171.
18. Brewster J.L. The physiology of the onion // *Hortic. Abstr*. 1977. Vol. 47. P. 17–23.
19. Brewster J.L. *Onions and Allied Crops*. Boca Raton: CRC Press. 1990. P. 53–88.
20. Brulfert J., Guerrier D., Queiroz Q. Photoperiodism and Crassulacean acid metabolism. II. Relation between leaf aging and photoperiod in Crassulacean acid metabolism induction // *Planta*. 1982. Vol. 154. P. 332–338.
21. Chailakhyan M. Kh. *Regulation of Flowering in Higher Plants*. Moscow: Nauka. 1988 (Чайлахян М.Х. Регуляция цветения высших растений. М.: Наука. 1988.).
22. Chailakhyan M. Kh., Khryanin V.N. The role of leaves in sex expression in hemp and spinach // *Planta*. 1979. Vol. 144. P. 205–207.



23. *Chouard P.* La journée courte ou l'acide gibberellique comme succédanés du froid pour la vernalisation d'une plante vivace en rosette, le *Scabiosa succisa* L. // C. R. hebdomadaire. Seances. Acad. Sci., Paris. 1957. Vol. 231. P. 1245–1247.
24. *Claeys H., De Bodt S., Inze D.* Gibberellins and DELLAS: Central nodes in growth regulatory networks // Trends Plant Sci. 2014. Vol. 19. P. 231–239.
25. *Corbesier L., Vincent C., Jang S. et al.* FT protein movement contributes to long-distance signaling in floral induction of *Arabidopsis* // Science. 2007. Vol. 316. P. 1030–1033.
26. *Currah L., Proctor F.J.* Onions in tropical regions // *Natural Resources Institute Bulletin*. № 35. 1990.
27. *Deitzer G.F.* Manipulation of Flowering. London e. a.: Butterworths. 1987. P. 241–253.
28. *Dore J.* Response of rice to small differences in length of day // *Nature*. 1959. Vol. 183. P. 413–414.
29. *Evans L.T.* Induction of Flowering. Ithaca: Cornell University Press, 1969. P. 457–480.
30. *Evans L.T.* Crop Physiology: Some Case Histories. Cambridge: Cambridge University Press. 1975. P. 1–22.
31. *Evans L.T.* Manipulation of Flowering. London e. a.: Butterworths, 1987. P. 409–423.
32. *Evans L.T., Knox R.B.* Environmental control of reproduction in *Themedia australis* // *Aust. J. Bot.* 1969. Vol. 17. P. 375–389.
33. *Evans L.T., Visperas R.M., Vergara B.S.* Morphological and physiological changes among rice varieties used in the Philippines over the last seventy years // *Field Crops Res.* 1984. Vol. 8. P. 105–124.
34. *Fernandez D.E., Wang C.-T., Zheng Y et al.* The MADS-domain factors AGAMOUS-LIKE15 and AGAMOUS-LIKE18, along with SHORT VEGETATIVE PHASE and AGAMOUS-LIKE24, are necessary to block floral gene expression during the vegetative phase // *Plant Physiology*. 2014. Vol. 165. P. 1591–1603.
35. *Franklin K.A., Lerner V.S., Whitelam G.C.* The signal transducing photoreceptors of plants // *Int. J. Dev. Biol.* 2005. Vol. 30. P. 653–664.
36. *Garner W.W., Allard H.A.* Further studies in photoperiodism, the response of plant to relative length of day and night // *J. agric. Res.* 1923. Vol. 28. P. 871–920.
37. *Greenup A., Peacock W.J., Dennis E.S., Trewaskis B.* The molecular biology of flowering in *Arabidopsis* and the cereals. *Ann. Bot.* 2009. Vol. 103. P. 1165–1172.
38. *Grime J.P.* Plant Strategies and Vegetation Process. Chichester e. a.: John Wiley and Sons, 1979.
39. *Guttridge C.G.* The Induction of Flowering. Ithaca: Cornell University Press, 1969. P. 247–267.
40. *Halliday K.J., Salter M.G., Thingnaes E., Whitelam G.C.* Phytochrome control of flowering is temperature sensitive and correlates with expression of the floral integrator FT // *Plant J.* 2003. Vol. 33. P. 875–885.
41. *Hamner K.C.* The Induction of Flowering. Ithaca: Cornell University Press, 1969. P. 62–89.
42. *Harberd N.P., Belfield E., Yasumura Y.* The angiosperm Gibberellin-GID-DELLA growth regulatory mechanism: How an “inhibitor of an inhibitor” enables flexible response to fluctuating environments // *The Plant Cell*. 2009. Vol. 21. P. 1328–1339.
43. *Haupt W.* The Induction of Flowering. Ithaca: Cornell University Press, 1969. P. 393–408.
44. *Hayama R., Coupland G.* Shedding light on the circadian clock and the photoperiodic control of flowering // *Trends in Plant Science*. 2003. Vol. 6. P. 13–19.
45. *He Y.* Chromatin regulation of flowering // *Trends in Plant Science*. 2012. Vol. 7. P. 556–562.
46. *Huang T. et al.* The mRNA of the *Arabidopsis* gene FT moves from leaf to shoot apex and induces flowering // *Science*. 2005. Vol. 309. P. 1694–1696.
47. *Hsu P.Y., Harmer S.* Wheels within wheels: The plant circadian system // *Trends in Plant Science*. 2014. Vol. 19. P. 240–249.

48. Imaizumi T., Kay S.A. Photoperiodic control of flowering: Not only by coincidence // Trends in Plant Science. 2006. Vol. 11. P. 550–558.
49. Inada K., Yabumoto Y. Effects of light quality, daylength and periodic temperature variation on the growth of lettuce and radish plants // Japan. J. Crop. Sci. 1989. Vol. 58. P. 689–694.
50. Jack T. Molecular and genetic mechanisms of floral control // The Plant Cell. 2004. Vol. 1. P. 1–17.
51. Johansson M., Staiger D. Time to flower: interplay between photoperiod and the circadian clock // J. Exp. Bot. first published online November 4, 2014 doi:10.1093/jxb/eru441.
52. Kardailsky I., Shukla V.K., Ahn J.H., Dagenais N., Christensen S.K., Nguyen J.T., Chory J., Harrison M.J., Weigel D. Activation tagging floral inducer *FT* // Science. 1999. V. 286. P. 1962–1965.
53. Kaufmann K., Pajoro A., Angenent G.C. Regulation of transcription in plants: Mechanisms controlling developmental switches // Nat. Rev. Genet. 2010. Vol. 11. P. 830–842
54. Kedar N., Levy D., Goldschmidt E.E. Photoperiodic regulation of bulbing and maturation of Bet Alpha onions (*Allium cepa* L.) under decreasing daylength conditions // J. Hort. Sci. 1975. Vol. 50. P. 373–380.
54. Kim S.Y., Yu X., Michaels S.D. Regulation of CONSTANS and FLOWERING LOCUS T Expression in Response to Changing Light Quality // Plant Physiology. 2008. Vol. 148. P. 269–279.
55. Kirby E.J.M., Appleyard M. Effects of photoperiod on the relation between development and yield per plant of a range of spring barley varieties // Z. Pflanzenzuchtung. 1980. Vol. 85. P. 226–239.
56. Krekule J. La physiologie de la Floraison. Paris: eds. CNRS, 1979. P. 19–57.
57. Lang A. Physiology of flower initiation // Handb. Pflanzenphysiol. 1965. Vol. 15-1. P. 1380–1536.
58. Lang A., Chailakhyan M. Kh., Frolova I.A. Promotion and inhibition of flower formation in a day-neutral plant in grafts with a short-day plant and a long-day plant // Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1977. Vol. 74. P. 2412–2416.
59. Law C.N. Manipulation of Flowering. London e.a.: Butterworths, 1987. P. 225–240.
60. Law C.N., Scarth R. Light and the Flowering Process. London e.a.: Academic Press, 1984. P. 193–209.
61. Lipton M., Longhurst R. New Seeds and Poor People. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1989.
62. Lumsden P.J. Circadian rhythms and phytochrome // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1991. Vol. 42. P. 351–371.
63. Lumsden P.J. The Molecular Biology of Flowering. Wallingford: CAB International, 1993. P. 21–45.
64. Moore P.H. Handbook of Flowering, vol. 4. Boca Raton: CRC Press, 1985. P. 243–262.
65. Moon J. et al. Analysis of flowering pathway integrators in Arabidopsis // Plant Cell Physiol. 2005. Vol. 46. P. 292–299.
66. Moss G.I., Heslop-Harrison, J. Photoperiod and pollen sterility in maize // Ann. Bot. 1968. Vol. 32. P. 833–846.
67. Mouradov A., Cremer F., Coupland G. Control of flowering time: Interacting pathways as a basis for diversity // Plant Cell. 2002. Vol. 14. P. 111–130.
68. Murfet I.C. Environmental interaction and the genetics of flowering // Annu. Rev. Plant Physiol. 1977. Vol. 28. P. 253–278.
69. Murfet I.C. Handbook of Flowering, vol. 4, Boca Raton: CRC Press, 1985. P. 97–126.
70. Napp-Zinn K. Light and the Flowering Process. London e.a.: Academic Press, 1984. P. 75–88.
71. Navarro C., Cruz-Oro E., Prat S. Conserved function of *FLOWERING LOCUS T (FT)* homologues as signals for storage organ differentiation // Current Opinion in Plant Biol. 2015. Vol. 23. P. 45–53.

72. Nelson M.N., Berger J.D., Erskine W. Flowering time control in annual legumes: prospects in a changing global climate // CAB Rev.: Persp. Agric. Vet. Sci. Nut. Nat Res. 2010. Vol. 5. P. 1–14.
73. Nielson C.S. Effects of photoperiod on microsporogenesis in Biloxi soya bean // Bot. Gaz. 1942. Vol. 104. P. 99–106.
74. Nitsch J.P. et al. The development of sex expression in cucurbit flowers // Am. J. Bot. 1952. Vol. 39. P. 32–43.
75. Nittler L.W., Kenny T., Osborne E. Response of seedlings of orchard grass, *Dactylis glomerata* L., to photoperiod, light intensity and temperature // Crop. Sci. 1963. Vol. 3. P. 125–128.
76. Njoku E. Response of rice to small differences in length of day // Nature. 1959. Vol. 183. P. 1598.
77. Pardey P.G., Wood S. Agricultural Technology: Policy Issues for the International Community. Wallingford: CAB International, 1994. P. 566–589.
78. Pharis R.P. Gibberellins. New York e.a.: Springer-Verlag, 1991. P. 166–178.
79. Pharis R.P., King R.W. Gibberellins and reproductive development in seed plants // Annu. Rev. Plant Physiol. 1985. Vol. 36. P. 517–568.
78. Pianka E.R. On *r*- and *K*-selection // Am. Nat. 1970. Vol. 104. P. 592–597.
79. Pineiro M., Coupland G. The control of flowering time and floral identity in *Arabidopsis* // Plant Physiology. 1998. Vol. 117. P. 1–8.
80. Plucknett D.L. Agricultural Technology: Policy Issues for the International Community. Wallingford: CAB International, 1994. P. 343–373.
81. Pohjakallio O. On the effect of daylength on the yield of potato // Physiol. Plantarum. 1953. Vol. 6. P. 140–149.
82. Rees A.R. Manipulation of Flowering, London e.a.: Butterworths, 1987. P. 187–202.
83. Roberts E.H., Summerfield R.J. Manipulation of Flowering, Londone.a.: 1987. P. 17–50.
84. Romera-Branchat M., Andres F., Coupland G. Flowering responses to seasonal cues: What's new? // Current Opinion in Plant Biol. 2014. Vol. 21. P. 120–127.
85. Ryle G.J.A. Effect of photoperiod in growth cabinets on the growth of leaves and tillers in three perennial grasses // Ann. Appl. Biol. 1966. Vol. 57. P. 269–279.
86. Sachs R.M. Floral initiation in *Cestrum nocturnum* L. I. A long-short-day plant // Plant Physiol. 1956. Vol. 31. P. 185–192.
87. Samach A., Onouchi H., Gold S.E. et al. Distinct roles of CONSTANS target genes in reproductive development of *Arabidopsis* // Science. 2000. Vol. 288. P. 1613–1616
88. Schaffner J.H. Control of sex reversal in the tassel of Indian corn // Bot. Gaz. 1927. Vol. 84. P. 440–449.
89. Schwabe W.W. The Induction of Flowering. Ithaca: Cornell University Press, 1969. P. 227–246.
90. Schwabe W.W., Nachmony-Bascombe S. Growth and dormancy in *Lunularia cruciata* (L.) Dum. II. The response to day-length and temperature // J. Exp. Bot. 1963. Vol. 14. P. 353–378.
91. Shibles R.M., Anderson I.C., Gibson A.H. Crop Physiology: Some Case Histories. Cambridge: Cambridge University Press, 1975. P. 151–189.
92. Simpson G.M. Seed Dormancy in Grasses. Cambridge e.a.: Cambridge University Press, 1990.
93. Simpson G.G., Dean C. *Arabidopsis*, the Rosetta stone of flowering time // Science. 2002. Vol. 296. P. 285–289.
94. Smaczniak C., Immink R.G.H., Angenent G.C., Kaufmann K. Developmental and evolutionary diversity of plant MADS-domain factors: insights from recent studies // Development. 2012. Vol. 139. P. 3081–3098
95. Song Y.H., Ito S., Imaizumi T. Flowering time regulation: photoperiod and temperature-sensing in leaves // Trends in Plant Sci. 2013. Vol. 18. P. 575–583.
96. Stuckey I.H. Some effect of photoperiod on leaf growth // Am. J. Bot. 1942. Vol. 29. P. 92–97.



97. *Suarez-Lopez P.* Long-range signaling in plant reproductive development // *Int. J. Dev. Biol.* 2005. Vol. 49. P. 761–771.
98. *Summerfield R.J., Wien H.C.* *Advances in Legume Science.* London: Her Majesty's Stationery Office, 1979.
99. *Sung S., Amasino R.M.* Vernalization in *Arabidopsis thaliana* is mediated by the PHD finger protein VIN3 // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2005. Vol. 56. P. 491–508.
100. *Taoka K., Oki I., Tsuji H., Kojima C., Shimamoto K.* Structure and function of florigen and the receptor complex // *Trends Plant Sci.* 2013. Vol. 18. P. 287–294.
101. *Tarakanov I.G.* Photoperiodic response in onions: important determinants with special reference to tropical cultivars // *Onion Newsletter for the Tropics.* 1993. N 5. P. 26–28.
102. *Tarakanov I.G.* Studies on population-environment relations in *Brassica* spp. with special reference to photoperiodic conditions // *Acta Horticulturae.* 1998. Vol. 459. P. 113–120.
103. *Tarakanov I.G.* Light control of growth and development of vegetable plants with various life strategies // *Acta Horticulturae.* 2006. Vol. 711. P. 315–321.
104. *Thomas B.* *The Molecular Biology of Flowering.* Wallingford: CAB International, 1993. P. 1–19.
105. *Thomas B., Vince-Prue D.* *Photoperiodism in Plants.* 2-nd ed. London: Academic Press, 1997.
106. *Thomson B.E., Hake S.* Translational biology: From *Arabidopsis* flowers to grass inflorescence architecture // *Plant Physiol.* 2009. Vol. 149. P. 38–45.
107. *Tournois J.* Anomalies florales de Houblon japonais et du Chanvre determinees par des semis hatifs // *C.r. hebd. Seanc. Acad. Sci., Paris.* 1911. Vol. 153. P. 1017–1020.
108. *Turck F., Formara F., Coupland G.* Regulation and identity of florigen: FLOWERING LOCUS T moves centre stage // *Annual Reviews of Plant Biology.* 2008. Vol. 59. P. 573–594.
109. *Vince-Prue D.* *Photoperiodism in Plants.* London e.a.: McGraw-Hill, 1975.
110. *Vince-Prue D.* *Strategies of Plant Reproduction.* London e.a.: Allanheld, Osmun, 1983. P. 73–97.
111. *Vince-Prue D.* *Light and the Flowering Process.* London e.a.: Academic Press, 1984. P. 3–15.
112. *Vince-Prue D., Cockshull K.E.* *Physiological Processes Limiting Plant Productivity.* London: Butterworths, 1981. P. 175–197.
113. *Wall P.C., Cartwright P.M.* Effect of photoperiod, temperature and vernalization on the phenology and spikelet numbers of spring wheats // *Ann. Appl. Biol.* 1974. Vol. 76. P. 299–309.
114. *Watanabe S., Harada K., Abe J.* Genetic and molecular bases of photoperiod responses of flowering in soybean // *Breed Sci.* 2012. Vol. 61. P. 531–543.
115. *Watkins J.M.* The growth habit and chemical composition of brome grass, *Bromus inermis* Leyss, as affected by different environmental conditions // *J. Am. Soc. Agron.* 1940. Vol. 32. P. 527–538.
116. *Wellensiek S.J.* *The Induction of Flowering: Some Case Histories.* Ithaca: Cornell University Press, 1969. P. 350–363.
117. *Weller J.L., Liew L.C., Hecht V.F. et al.* A conserved molecular basis for photoperiod adaptation in two temperate legumes // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2012. Vol. 109. P. 21158–21163.
118. *Wigge P.A., Kim M.C., Jaeger K.E. et al.* Integration of spatial and temporal information during floral induction in *Arabidopsis* // *Science.* 2005. Vol. 309. P. 1056–1059.
119. *Xu H., Liu Q., Yao T., Fu X.* Shedding light on integrative GA signaling // *Current Opinion in Plant Biol.* 2014. Vol. 21. P. 89–95.
120. *Yanovsky M.J., Kay S.A.* Living by the calendar: how plants know when to flower // *Nat. Rev. Mol. Cell. Biol.* 2003. Vol. 4. P. 265–275.
121. *Zeevaart J.A.D.* *The Induction of Flowering: Some Case Histories.* Ithaca: Cornell University Press, 1969. P. 435–456.
122. *Zeevaart J.A.D.* Florigen coming of age after 70 years // *The Plant Cell.* 2006. Vol. 18. P. 1783–1789.

# ФОТОПЕРИОДИЗМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

И.Г. ТАРАКАНОВ

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*В обзоре рассматриваются особенности фотопериодической регуляции роста и развития у сельскохозяйственных растений. Показаны механизмы, лежащие в основе восприятия фотопериодического сигнала и индукции морфогенетических процессов. Фотопериодическая реакция обеспечивает синхронизацию онтогенеза растений с ритмом сезонных изменений климата. Вместе с тем, высокая периодическая чувствительность может ограничивать ареал ценных сельскохозяйственных культур, сортов и гибридов. Эти проблемы решаются с помощью селекционных подходов.*

*Ключевые слова: сельскохозяйственные культуры, фотопериодизм, адаптация, онтогенез, продуктивность, селекция.*

**Tarakanov Ivan Germanovich** — Doctor of Biological Sciences, professor, Head of the department of plant physiology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-20-54; e-mail: ivatar@yandex.ru).

**Тараканов Иван Германович** — д. б. н., проф., зав. кафедрой физиологии растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, Тимирязевская ул., 49; тел. (499) 976-20-54; e-mail: ivatar@yandex.ru).

УДК 632.953.1:635.342

**АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ  
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СЕМЯН КАПУСТЫ  
ОТ СОСУДИСТОГО БАКТЕРИОЗА**

ВО ТХИ НГОК ХА, Ф.С. ДЖАЛИЛОВ

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Проводили скрининг 31 образца эфирных масел на антагонистическую активность по отношению к возбудителю сосудистого бактериоза капусты. Наибольший размер стерильной зоны при методе дисков и наименьшую ингибирующую концентрацию в тесте с резазурином показали чабер горный (*Satureja montana* L.), тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.) и душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.). Эти масла при обработке инокулированных семян существенно снижали количество жизнеспособных клеток патогена на семенах и зараженность рассады капусты.

Ключевые слова: сосудистый бактериоз капусты, эфирные масла, антибактериальная активность.

Среди болезней капусты сосудистый бактериоз, вызываемый *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Хсс), относится к числу наиболее распространенных и вредоносных [1, 4, 16]. Основным источником инфекции при сосудистом бактериозе являются семена [3]. Известно, что достаточно наличия 3–5 зараженных семян среди 10 тыс. шт., чтобы вызвать серьезные потери от болезни в поле [15]. В этой связи особые требования предъявляются к эффективности средств предпосевной обработки семян.

Для обработки семян рекомендованы препараты на основе антибиотиков (Фитолавин), на основе живых клеток антагонистических штаммов бактерий (Планриз, Гамаир и др.) и гидротермическая обработка (помещение семян в воду с температурой 50–52°C на 20 мин.) [2].

Ранее установили, что при обработке искусственно зараженных семян путем замачивания в 2%-ном растворе препарата Гамаир (на основе *Bacillus subtilis*) показал биологическую эффективность в 68,2–89,5%, а Фитолавин (на основе антибиотика фитобактериомицин) — на уровне 83,2–91,6%. В этом же эксперименте гидротермическая обработка обеспечила биологическую эффективность против сосудистого бактериоза на уровне 95,5%, однако существенно снижала энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян [5]. Таким образом, ни одно из рекомендованных в настоящее время средств не обеспечивает полного обеззараживания партий семян

с высокой зараженностью возбудителем сосудистого бактериоза. Поэтому поиск таких средств продолжает оставаться актуальной задачей.

В настоящее время эфирные масла многих растений находят применение в медицине и пищевой промышленности ввиду наличия у многих из них антигрибной, антибактериальной и противовирусной активности [6, 7, 11]. Есть сведения об их перспективности для защиты растений от бактериальных инфекций [12, 13].

Цель настоящей работы заключалась в поиске эфирных масел, способных эффективно подавлять зараженность семян сосудистым бактериозом.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

– скрининг в условиях *in vitro* антибактериальной активности эфирных масел различных растений по отношению к *X.campestris* pv. *campestris*;

– оценка биологической эффективности эфирных масел, показавших наибольшую бактерицидную активность *in vitro*, в борьбе с семенной инфекцией.

### Материалы и методы

В работе использовали штамм Хсс 276 NZ из коллекции лаборатории защиты растений, который относится к первой расе по классификации Kamoun с соавторами [8]. Штамм был проверен на вирулентность инокуляцией восприимчивого F<sub>1</sub> гибрида белокочанной капусты Экспресс уколом в жилку листа препаративной иглой, предварительно смоченной в суспензии бактериальных клеток с концентрацией 10<sup>8</sup> колониеобразующих единиц в миллилитре (КОЕ/мл).

Для тестирования использовали эфирные масла 31 вида растений производства ООО «Сириус» (Белгородская обл.), ООО «ТОССА» (Москва) и «Стикс натуркосметик» (Австрия).

Первичный скрининг эфирных масел на антибактериальную активность проводили методом дисков. Поверхность среды Кинг Б [9] в чашке Петри диаметром 90 мм засеивали 200 мкл суспензии клеток Хсс и после 15- минутного подсушивания в центр помещали стерильный диск фильтровальной бумаги диаметром 6 мм, на который наносили 6 мкл эфирного масла. Через 2 сут. культивирования при +28°С измеряли диаметр стерильной зоны (в мм) с учетом диаметра диска.

Для более детальной оценки антибактериальных свойств масел, в опытах с которыми диаметр стерильной зоны был более 6 мм, определяли минимальную ингибирующую концентрацию (МИС).

Для получения стабильной эмульсии испытывали Диметилсульфоксид (ДМСО), Tween 20, Tween 80, 0,15% агар. В пробирке разводили масло в соотношении 1:1 в 2% DMSO, 5% DMSO, 10% DMSO, 0,5% Tween 20, 0,5% Tween 80 и 0,15%-ном агаре и перемешивали на вортексе до получения однородной смеси. Выдерживали эти смеси в течение 2 часов, визуально оценивая стабильность суспензии. Для дальнейших тестов был выбран 0,15%-ный агар.

Для определения МИС в лунку стерильной 96-луночной плоскодонной микропланшеты для культуры клеток (Corning, USA) вносили 40 мкл 5%-ного эфирного масла в 0,15%-ном агаре и проводили серийные разведения в других лунках в соотношении 1:1 в 0,15%-ном агаре. Удаляли 20 мкл смеси из последней лунки для сохранения постоянного объема (20 мкл). Затем в лунки добавляли по 150 мкл суспензии клеток Хсс (10<sup>7</sup> клеток/мл) в жидкой среде Кинг Б, 10 мкл 0,1%-ного резазурина и доводили до 200 мкл 0,15%-ным агаром. Содержимое лунок тщательно перемешали с помощью микропипетки. Имелось три контроля: без масла, без резазурина и без культуры бактерий.

Планшет инкубировали при 26°C. Через 24 и 48 ч проводили учет изменения окраски в лунках. В лунках, где имело место размножение бактерий, синий цвет резазурина переходил к розовато-лиловой и потом — к розовой окраске [10].

Показавшие наивысшую антибактериальную активность в условиях *in vitro* эфирные масла были отобраны для обработки зараженных сосудистым бактериозом семян. Эмульсии масел в воде в концентрациях 0,9%, 0,45% и 0,15% были приготовлены обработкой ультразвуком на приборе Sartorius Labsonic M при экспозиции 20 сек. и амплитуде 70%.

Инокуляцию семян возбудителем сосудистого бактериоза проводили в условиях вакуума, как было описано ранее [5]. Затем семена подсушивали при комнатной температуре в течение 24 ч и замачивали в эмульсиях эфирных масел на 30 мин. В качестве положительного контроля зараженные семена замачивали в воде, а отрицательным контролем служили здоровые семена, замоченные в воде. После обработки и подсушивания на фильтровальной бумаге из семян экстрагировали возбудителя. Для этого семена по 250 шт. помещали в конические колбы на 50 мл и заливали 2,5 мл стерильного физраствора (0,85% NaCl) с добавлением твина-20 (20 мкл/10 мл), и встряхивали на орбитальном шейкере в течение 2,5 ч при 250 об/мин. Переносили 100 мкл экстракта в пробирку с 900 мкл стерильного физраствора. Далее проводили серийные десятикратные разведения в стерильном физрастворе. Проводили посев 100 мкл суспензии из каждой пробирки на селективную среду с крахмалом [15]. Подсчет гидролизующих крахмал колоний проводили через 2 сут. В сомнительных случаях использовали раствор Люголя. Рассчитывали количество колониеобразующих единиц бактерий в исходном экстракте (КОЕ/мл).

Для оценки биологической эффективности обработки эфирными маслами семена высевали в торфяной субстрат в 49-ячеечные рассадные кассеты. Температура в период эксперимента в теплице составляла 20–26°C. Проводили учет лабораторной и оранжерейной всхожести семян, а также зараженности рассады сосудистым бактериозом. Опыт проводили в двух повторностях по 49 растений в каждой.

В качестве эталона использовали рекомендованный для предпосевной обработки от сосудистого бактериоза Фитолавин, ВРК (0,2%). Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа со сравнением средних по критерию Дункана и корреляционного анализа с помощью пакета Statistica 6,0.

### Результаты и их обсуждение

При тестировании патогенности штамма Хсс 276 NZ на 10–12-е сутки после заражения наблюдали типичные для сосудистого бактериоза симптомы (некроз сосудов и V-образные хлорозы).

Выявлено, что стабильность эмульсии масел при добавлении ДМСО не превышала 5 мин., а при использовании Tween 20 и Tween 80 стабильность эмульсии сохранялась значительно дольше, но размеры стерильной зоны были существенно меньше, чем при использовании 0,15%-ного агара. На основании этого при приготовлении эмульсии для дальнейших испытаний антибиотической активности эфирных масел использовали в качестве стабилизатора 0,15%-ный агар.

Из всех испытанных эфирных масел при тестировании методом дисков лишь масло сантала белого и табака обыкновенного не дало стерильной зоны (она была равна 6 мм, т.е. диаметру самого диска). У остальных масел размер стерильной

Таблица 1

**Результаты тестирования антибактериальной активности эфирных масел по отношению к возбудителю сосудистого бактериоза капусты**

| № п/п | Русское название вида растения — источника эфирного масла | Латинское название вида растения — источника эфирного масла | Размер стерильной зоны при тестировании методом дисков, мм (среднее значение ± стандартное отклонение) | Минимальная ингибирующая концентрация, % | Группа антибактериальной активности |
|-------|---|---|--|--|-------------------------------------|
| 1     | Сантал белый  | <i>Santalum album</i> L.                                    | 6,0 ± 0,0  | Не определена                            | Нет эффекта                         |
| 2     | Табак обыкновенный  | <i>Nicotiana tabacum</i> L.                                 | 6,0 ± 0,0  | Не определена                            |                                     |
| 3     | Шалфей лекарственный                                      | <i>Salvia officinalis</i> L.                                | 10,2 ± 0,5   | 1  | Слабый эффект                       |
| 4     | Коммифора Мирра   | <i>Commiphora myrrha</i> (Nees) Engl.                       | 10,6 ± 0,7   | 1  |                                     |
| 5     | Кориандр посевной   | <i>Coriandrum sativum</i> L.                                | 11,7 ± 0,8   | >1                                       |                                     |
| 6     | Цимбобогон Мартини  | <i>Cymbopogon martinii</i> Stapf                            | 16,2 ± 0,1   | 0,5                                      |                                     |
| 7     | Анис обыкновенный   | <i>Pimpinella anisum</i> L.                                 | 10,3 ± 1,3   | 1  |                                     |
| 8     | Фенхель обыкновенный                                      | <i>Foeniculum vulgare</i> Mill.                             | 10,6 ± 1,0   | 1  |                                     |
| 9     | Укроп огородный   | <i>Anethum graveolens</i> L.                                | 11,7 ± 0,1   | 0,5                                      |                                     |
| 10    | Бархатцы отклоненные                                      | <i>Tagetes patula</i> L.                                    | 16,7 ± 0,8   | >1                                       |                                     |
| 11    | Туя западная  | <i>Thuja occidentalis</i> L.                                | 13,0 ± 2,1   | 1  |                                     |
| 12    | Грушанка круглолистная                                    | <i>Pyrola rotundifolia</i> L.                               | 18,7 ± 2,7   | 1  |                                     |
| 13    | Гвоздика садовая (бутоны)                                 | <i>Dianthus caryophyllus</i> L.                             | 15,3 ± 0,4   | >1                                       |                                     |
| 14    | Базилик душистый  | <i>Ocimum basilicum</i> L.                                  | 19,3 ± 2,2   | 0,5                                      | Средний эффект                      |
| 15    | Майоран садовый   | <i>Origanum majorana</i> L.                                 | 12,8 ± 0,8   | 1  |                                     |
| 16    | Лавр благородный  | <i>Laurus nobilis</i> L.                                    | 26,7 ± 7,8   | 0,5                                      |                                     |
| 17    | Акация нильская   | <i>Acacia scorpioides</i> (L.) Delile                       | 21,1 ± 0,6   | 0,5                                      |                                     |
| 18    | Мелалеука альтернифолия                                   | <i>Melaleuca alternifolia</i> L.                            | 25,0 ± 5,1   | 0,5                                      |                                     |

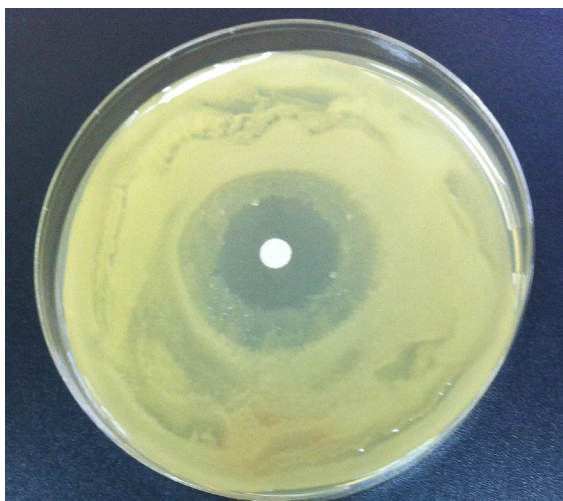
| № п/п | Русское название вида растения — источника эфирного масла | Латинское название вида растения — источника эфирного масла | Размер стерильной зоны при тестировании методом дисков, мм (среднее значение ± стандартное отклонение) | Минимальная ингибирующая концентрация, % | Группа антибактериальной активности |
|-------|---|---|--|--|-------------------------------------|
| 19    | Кардамон настоящий  | <i>Elettaria cardamomum</i> L.                              | 21,7 ± 4,0   | 0,5                                      | Средний эффект                      |
| 20    | Коричник цейлонский                                       | <i>Cinnamomum verum</i> J. Presl                            | 26,3 ± 3,0   | 0,5                                      |                                     |
| 21    | Иссоп лекарственный                                       | <i>Hyssopus officinalis</i> L.                              | 26,9 ± 5,9   | 0,5                                      |                                     |
| 22    | Хризопогон  | <i>Chrysopogon zizanioides</i> (L.) Roberty                 | 23,7 ± 0,6   | 0,5                                      |                                     |
| 23    | Мелалеука леукадендра                                     | <i>Malaleuca leucadendra</i> L.                             | 23,1 ± 0,0   | 0,5                                      |                                     |
| 24    | Мята перечная   | <i>Mentha piperita</i> L.                                   | 26,3 ± 1,7   | 0,5                                      |                                     |
| 25    | Мирт обыкновенный   | <i>Myrtus communis</i> L.                                   | 28,3 ± 1,5   | 0,5                                      |                                     |
| 26    | Чабер садовый   | <i>Satureja hortensis</i> L.                                | 52,4 ± 2,7   | 0,25                                     | Сильный эффект                      |
| 27    | Чабер горный  | <i>Satureja montana</i> L.                                  | 47,8 ± 3,8   | 0,125                                    |                                     |
| 28    | Тмин обыкновенный   | <i>Carum carvi</i> L.                                       | 34,4 ± 6,2   | 0,25                                     |                                     |
| 29    | Тимьян обыкновенный                                       | <i>Thymus vulgaris</i> L.                                   | 46,3 ± 8,2   | 0,125                                    |                                     |
| 30    | Душица обыкновенная                                       | <i>Origanum vulgare</i> L.                                  | 39,9 ± 0,8   | 0,125                                    |                                     |
| 31    | Лимонное сорго  | <i>Cymbopogon citratus</i> (DC) Stapf.                      | 30,8 ± 6,2   | 0,25                                     |                                     |
| 32    | Фитолавин, ВРК, 0,2% (эталон)                             |   | 17,7 ± 0,6   |  |                                     |

зоны варьировал от 10,2 мм у шалфея лекарственного до 52,4 мм у чабера садового (рис. 1).

Для более точной количественной оценки антибактериального эффекта определяли минимальную ингибирующую концентрацию (МИС) в тесте с резазурином.

Резазурин (натриевая соль) — ароматическое соединение, имеющее формулу  $C_{12}H_7N_1O_4$  и представляющее собой окислительно-восстановительный индикатор.





**Рис. 1.** Стерильная зона вокруг диска с эфирным маслом *Malaleuca leucadendra* на газоне культуры *X. campestris pv. campestris*

браны масла с минимальной ингибирующей концентрацией по отношению к *Xcc*, равной 0,125%. В эту группу попали чабер горный, тимьян обыкновенный и душица обыкновенная.

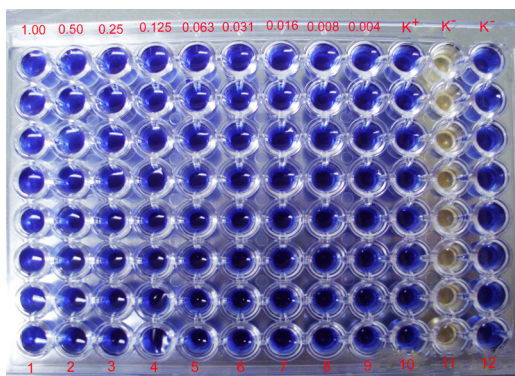
Учет содержания КОЕ патогена в экстрактах семян после обработки показал, что эффективность испытанных эфирных масел была достоверно выше эталонного варианта, т.е. содержание жизнеспособных клеток патогена на семенах после замачивания их в эмульсиях эфирных масел тимьяна обыкновенного, душицы обыкновенной и чабера горного было существенно ниже, чем в варианте с обработкой семян

Тест с резазурином используется для выявления бактериального заражения молока, жизнеспособности клеток и в других целях.

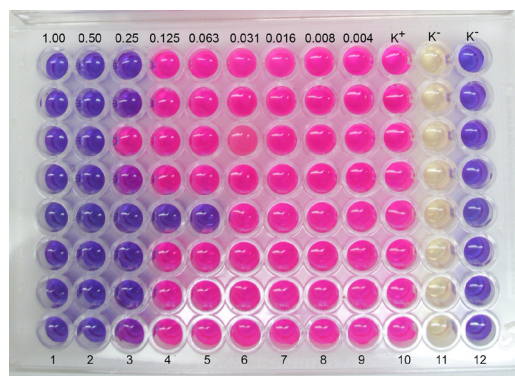
Принцип метода заключается в том, что краситель резазурин при наличии роста бактерии окисляется, превращаясь во флуоресцирующий резозурин, и меняет цвет питательной среды с синего на розовато-лиловой, а потом — на розовый (рис. 2).

Корреляционный анализ выявил тесную обратную связь между размером стерильной зоны и минимальной ингибирующей концентрацией:  $r_1 = -0,837$ ,  $m_r = 0,105$ ,  $p \geq 99\%$ .

У тестируемых образцов эфирных масел минимальная ингибирующая концентрация варьировала от 1,0% до 0,125%. Для оценки эффективности обработки семян были отобраны образцы с минимальной ингибирующей концентрацией 0,125%.



а



б

**Рис. 2.** Определение минимальной ингибирующей концентрации в тесте с резазурином (а — до инкубации; б — через 48 ч инкубации): А–Н — различные виды эфирных масел; 1–9 — различные концентрации эфирного масла от 1% до 0,004%; 10 — контроль без масла; 11 — контроль без резазурина; 12 — контроль без бактериальной культуры



фитолавином, ВРК и положительным контролем (табл. 2, рис. 3). Между эффектами трех видов масел в трех испытанных концентрациях не было установлено существенных различий.

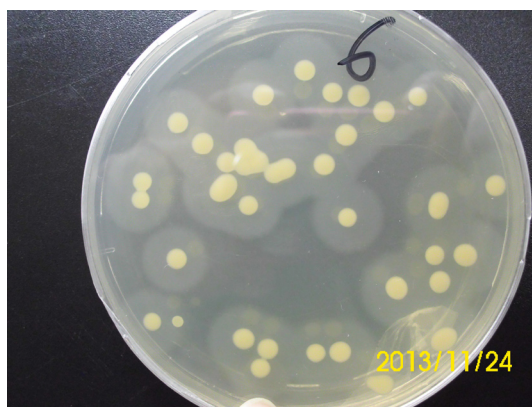
Т а б л и ц а 2

**Концентрация клеток возбудителя сосудистого бактериоза в экстрактах семян после обработки эфирными маслами ( $\times 10^5$  КОЕ/мл)**

| Вариант                       | Статистические группы по критерию Дункана |      |      |
|-------------------------------|---|------|------|
|                               | 1   | 2    | 3    |
| Тимьян обыкновенный, 0,15%    | 16,5                                      |      |      |
| Тимьян обыкновенный, 0,45%    | 3,5                                       |      |      |
| Тимьян обыкновенный, 0,90%    | 12,0                                      |      |      |
| Душица обыкновенная, 0,15%    | 17,5                                      |      |      |
| Душица обыкновенная, 0,45%    | 3,0                                       |      |      |
| Душица обыкновенная, 0,90%    | 3,5                                       |      |      |
| Чабер горный, 0,15%           | 21,0                                      |      |      |
| Чабер горный, 0,45%           | 10,5                                      |      |      |
| Чабер горный, 0,90%           | 7,0                                       |      |      |
| Фитолавин, ВРК, 0,2% (эталон) |   | 49,5 |      |
| Контроль — без обработки      |   |      | 87,0 |

Обработка эфирными маслами не привела к существенному изменению лабораторной и оранжерейной всхожести. Масло тимьяна обыкновенного, душицы обыкновенной и чабера горного при предпосевной обработке семян значительно снизило количество зараженных проростков (табл. 3). Биологическая эффективность этой обработки варьировала от 55,9% до 86,5% и статистически не отличалась от эталона — фитолавина, ВРК.

Была обнаружена тесная связь между содержанием КОЕ возбудителя в экстракте семян после обработки и зараженностью рассады:  $r = 0,816$ ;  $mr = 0,193$ ;  $p \geq 99\%$ .



**Рис. 3.** Гидролизующие крахмал колонии *X. campestris* pv. *campestris* на селективной среде после посева экстракта зараженных семян

**Зараженность рассады сосудистым бактериозом  
после предпосевной обработки семян эфирными маслами**

| Варианты                   | Всхожесть лабораторная, % | Всхожесть оранжерейная, % | Зараженность, % | Биологическая эффективность, % |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------------------|
| Тимьян обыкновенный, 0,15% | 96,0                      | 89,8                      | 1,19a           | 85,2                           |
| Тимьян обыкновенный, 0,45% | 98,0                      | 86,7                      | 3,55a           | 55,9                           |
| Тимьян обыкновенный, 0,90% | 99,0                      | 88,8                      | 2,30a           | 71,5                           |
| Душица обыкновенная, 0,15% | 96,0                      | 94,9                      | 3,22a           | 60,0                           |
| Душица обыкновенная, 0,45% | 93,0                      | 88,8                      | 2,13a           | 73,6                           |
| Душица обыкновенная, 0,90% | 96                        | 94,9                      | 2,18a           | 72,9                           |
| Чабер горный, 0,15%        | 96,0                      | 91,8                      | 1,11a           | 86,2                           |
| Чабер горный, 0,45%        | 100,0                     | 93,9                      | 2,17a           | 73,1                           |
| Чабер горный, 0,90%        | 98,0                      | 91,8                      | 1,09a           | 86,5                           |
| Фитолавин, ВРК, 0,2%       | 95,0                      | 95,0                      | 3,17a           | 60,6                           |
| Контроль — без обработки   | 98,0                      | 88,8                      | 8,06b           | —                              |
|                            | $F_{\phi} < F_{05}$       | $F_{\phi} < F_{05}$       |                 |                                |

В настоящее время имеется много сообщений об антибактериальном действии эфирных масел по отношению к бактериальным и грибным патогенам человека, животных и растений. Так, испытание ряда эфирных масел, органических кислот и растительных экстрактов в условиях *in vitro* выявило сильное антибактериальное действие масла тимьяна, майорана, клевера и коричника, а также экстракта красного грейпфрута по отношению к возбудителям сосудистого бактериоза капусты и бактериального рака томата [17]. Обработка семян риса 4%-ными маслами тимьяна и базилика уменьшала зараженность всходов *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* и повышала всхожесть семян [12]. Предполагается, что действие эфирных масел обусловлено действием на цитоплазму и оболочку бактериальной клетки. Монотерпены эфирных масел увеличивают проницаемость мембран, подавляют клеточное дыхание, влияют на ионно-обменные процессы [14]. К достоинствам эфирных масел следует отнести тот факт, что они содержат много активных веществ, что значительно снижает риск появления резистентных штаммов патогенов [14].

В нашей работе испытание в условиях *in vitro* антибактериальных свойств 31 образца эфирных масел показало высокую активность масел тимьяна, душицы и чабера по отношению к возбудителю сосудистого бактериоза капусты. Предпосевная обработка этими маслами инокулированных патогеном семян обеспечила существенное снижение как количества жизнеспособных клеток возбудителя на семенах, так и зараженности рассады капусты. Биологическая эффективность обработ-

ки семян капусты маслами тимьяна обыкновенного, душицы обыкновенной и чабера горного не уступала таковой зарегистрированного препарата на основе антибиотика.

Использование эфирных масел тимьяна, душицы и чабера в борьбе с бактериозами может занять свое место в технологиях выращивания экологически безопасной продукции, а также в личных подсобных хозяйствах. Впоследствии, после идентификации физиологически активных веществ, содержащихся в этих маслах, которые ответственны за проявление антибактериального эффекта, вероятно, возможно создание нового поколения бактерицидов для использования в защите растений от бактериальных инфекций.

### Библиографический список

1. Джалилов Ф.С., Монахос Г.Ф., Тивари Р.Д. Вредоносность сосудистого бактериоза капусты // Известия ТСХА. 1989. Вып. 3. С. 169–172.
2. Джалилов Ф.С., Тивари Р.Д., Андреева Е.И., Амосова С.В., Иванова Н.И. Эффективность гидротермической обработки и протравливания семян капусты против сосудистого бактериоза // Известия ТСХА. 1989. Вып. 5. С. 102–105.
3. Джалилов Ф.С., Во Тхи Нгок Ха. Защита капусты от болезней в период вегетации // Картофель и овощи. 2014. № 1. С. 20–23.
4. Игнатов А.Н. Распространение возбудителей опасных бактериозов растений в Российской Федерации // Материалы Международной научно-практической конференции «Бактериальные и фитоплазменные болезни сельскохозяйственных растений (Московская обл., Одинцовский р-н, п. Большие Вяземы, ВНИИ фитопатологии, 15-18 октября 2014 г.). Защита картофеля». 2014. № 2. С. 53–57.
5. Мазурин Е.С. Методы диагностики возбудителя сосудистого бактериоза капусты и меры защиты. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 2009. 21 с.
6. Маланкина Е.Л. Лекарственные растения на приусадебном участке. М.: Фитон, 2007. 271 с.
7. Петрушина А.Д., Никогосян А.С., Кайб И.Д., Мальченко Л.А., Ушакова С.А. Использование ингаляции эфирными маслами в комплексной терапии и для профилактики ОРВИ у детей // Вопросы педиатрии. 2012. Т. 11. № 2. С. 180–183.
8. Kamoun S., Kadmar H.V., Tola E., Kado C.I. Incompatible interaction between crucifers and *Xanthomonas campestris* involve a vascular hypersensitive response: role of the hrpX locus // Molecular Plant-microbe Interactions. 1992. V. 5. P. 22–33.
9. Laboratory guide for identification of plant-pathogenic bacteria / N.W. Schaad, J.B. Jones, W. Chun eds. 3rd ed. American Phytopathological Society Press. St. Paul. Mn., 2001.
10. Marina S., Jasmina G., Petar D.M., Dejan B., Leo J.L.D. van Griensven. Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbs using an In Vitro model // Molecules. 2010. V. 15. P. 7532–7546.
11. Nevas M., Korhonen A., Lindstrom M., Tupkki P., Korkeala H. Antibacterial efficiency of Finnish spice essential oils against pathogenic and spoilage bacteria // Journal of food protection. 2004. V. 67. № 1. P. 199–202.
12. Nguefack J., Somda I., Mortensen C.N., Zollo A. Evaluation of five essential oils from aromatic plants of Cameroon for controlling seedborne bacteria of rice (*Oryza sativa* L.) // Seed science and technology. 2005. V. 33. P. 397–407.
13. Pradhanang P.M., Momol M.T., Olson S.M. and Jones J.B. Effects of plant essential oils on *Ralstonia solanacearum* population density and bacterial wilt incidence in tomato // Plant Disease. 2003. V. 87. P. 423–427.

14. Reichling J., Schnitzler P., Suschke U., Saller R. Essential Oils of Aromatic Plants with Antibacterial, Antifungal, Antiviral, and Cytotoxic Properties — an Overview // *Forsch Komple-mentmed.* 2009. V. 16: 79–90. DOI: 10.1159/000207196.
15. Schaad N.W., Sitterly W.R., Humaydan H. Relationship of incidence of seedborne *Xanthomonas campestris* to black rot of crucifers // *Plant Disease*, 1980. V. 64. № 1. P. 91–92.
16. Williams P.H. Black rot: a continuing threat to world crucifers // *Plant Disease*, 1980. V. 64. № 8. P. 736–742.
17. Van der Wolf J.M., Birnbaum Y., Van der Zouwen P.S., Groot S.P.C. Disinfection of vegetable seed by treatment with essential oils, organic acids and plant extracts // *Seed science and technology*. 2008. V. 36. P. 76–88.

## ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS AND THEIR USE FOR DISINFECTION OF CABBAGE SEEDS AGAINST BLACK ROOT

VO THI NGOK HA, F.S. DZHALILOV

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

*Screening of the antagonistic activity against the black rot pathogen of cabbage was carried out with 31 samples of essential oils. The largest sterile zone using disk method and the lowest minimum inhibitory concentration in rezazurin test were obtained for mountain savory (*Satureja montana* L.), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.). These essential oils application for treatment of the inoculated seeds significantly reduced the number of viable cells of the pathogen on seeds and disease progress on seedlings of cabbage.*

*Key words: black rot of cabbage, essential oils, antibacterial activity.*

**Во Тхи Нгок Ха** — асп. кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-02-20; e-mail: ngochavo.88@gmail.com).

**Джалилов Февзи Сеид-Умерович** — д. б. н., проф., зав. лабораторией защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-12-79; e-mail: labzara@mail.ru).

**Vo Thi Ngok Ha** — PhD Student of the department of plant protection, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-02-20; e-mail: ngochavo.88@gmail.com).

**Dzhalilov Fevzi Seid-Umerovitch** — Doctor of Biological Sciences, professor, Head of plant protection laboratory, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-12-79; e-mail: labzara@mail.ru).

УДК 635.052:635.928(470.311)

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И ВИДОВ ГАЗОННЫХ ТРАВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РУЛОННОГО ГАЗОНА В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Н. ЛАЗАРЕВ, М.А. ГУСЕВ

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*В полевом опыте в Московской области на травостоях 2–4-го гг. жизни проведена оценка 5 видов и 25 сортов газонных трав в качестве дернообразователей для производства рулонного газона. Установлено, что наиболее устойчивой к серой снежной плесени (*Microdochium nivale*) была овсяница красная (*Festuca rubra* L.) (1,3–30% по проективному покрытию), а поражаемость других видов трав была значительно выше — от 36 до 90%. Поражаемость полевицы побегоносной (*Agrostis stolonifera* L.) была высокой во все годы исследований — от 49 до 83%. Наиболее устойчивыми к розовой снежной плесени (*Typhula ishikariensis*) были овсяница красная и мятлик луговой. Поражаемость этих видов составила соответственно 1–1,3 и 1–14%. Райграс пастбищный оказался наименее устойчивым — 5–31%.*

*Сорта овсяницы красной J-5, SR 5210, Boreal, Audubon превосходили другие виды и сорта трав по общей декоративности (5,87–7,07 баллов) в течение всех 3-х лет эксплуатации травостоев. На 3-й год жизни наиболее мощный и прочный дерн со связностью 0,44–0,51 кг/см<sup>2</sup> формировали сорта мятлика лугового газонного типа. На 4-й год пригодный к срезке дерн имели также сорта полевицы побегоносной и овсяницы красной. Дернина райграса пастбищного имеет слабую связность и непригодна для производства рулонного газона.*

*Ключевые слова: газонные травы, зимние и летние болезни, мощность и связность дернины, рулонный газон.*

Подбор ассортимента трав, хорошо приспособленных к местным абиотическим и биотическим факторам, всегда является залогом успеха при создании качественного газонного травостоя.

В настоящее время в Российской Федерации ежегодное производство рулонного газона достигло порядка 1500 га. Наиболее часто при производстве рулонного газона используются корневищно-рыхлокустовые травы: мятлик луговой и овсяница красная [3, 7]. Они формируют ровный, плотный и связный дерн [19], который можно нарезать лентами, свертывать в рулоны и перевозить к местам укладки.

В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включено 48 сортов мятлика лугового и 75 сортов овсяницы красной. Подбор подходящего сорта для выращивания рулонного газона является не простой задачей.

Сорта мятлика лугового сильно различаются между собой по плотности травостоя, его текстуре, окраске, габитусу куста и характеру роста, агрессивности. Выделяют 12 групп, характеризующихся рядом сходных свойств [18]. Благодаря интенсивному вегетативному размножению мятлик луговой способен быстро восстанавливаться после повреждения — гораздо лучше, чем травы рыхлокустовой и плотнокустовой форм [17]. Однако интенсивный рост и высокая агрессивность характерны для мятлика лугового начиная со второго, а иногда с третьего года жизни [10]. Этот вид отличается значительной долговечностью [6, 25], сохраняется в травостое в течение десятков лет [10]. Засухоустойчивость — от средней до хорошей, но ниже, чем у овсяницы красной [24]. В то же время недостаточная устойчивость к болезням и засухе ограничивает его более широкое использование в газоноводстве, хотя он и является самым популярным газонным видом трав на севере США и в Канаде [19].

Выбор необходимого сорта овсяницы красной для выращивания рулонного газона усложняется тем, что этот вид имеет рыхлокустовые коротко- и длиннокорневидные формы. Для выращивания рулонных газонов рекомендуется использовать подвид овсяницы красной с длинными корневищами [16, 28]. Овсяница красная менее требовательна к почвам и более теневынослива, чем другие виды газонных трав, засухоустойчива [8, 28].

Кроме корневищно-рыхлокустовых видов трав, при создании газонов применяют стolonобразующий вид полевицу побегоносную и рыхлокустовой — райграс пастбищный. Каждый из этих видов имеет как определенные достоинства, так и недостатки. Так, полевица побегоносная устойчива к частым низким скашиваниям, хорошо размножается вегетативно [2, 7, 11], но восприимчива к широкому спектру возбудителей болезней (*Helminthosporium* spp., *Fusarium*, *Typhula* и др.) [22] и плохо переносит засушливые условия [4, 5].

Райграс пастбищный, как и мятлик луговой, устойчив к вытаптыванию [13], но обладает слабой теневыносливостью [23] и зимостойкостью [8], сильно поражается снежной плесенью [20]. В последние годы за рубежом в результате селекционной работы получены улучшенные сорта райграса пастбищного, характеризующиеся более высоким качеством дернины, устойчивостью к неблагоприятным условиям, более привлекательным внешним видом, чем исходные популяции [12, 21].

В настоящее время на рынке семян газонных трав преобладают зарубежные сорта. С целью объективной и всесторонней оценки этих сортов трав для производства товарного рулонного газона нами были проведены полевые исследования.

### Методика исследований

В полевом опыте, который был заложен 8 августа 2009 г. в Клинском районе Московской области, проведена оценка сортов газонных трав на пригодность к производству рулонного газона.

В опыте изучены различные сорта пяти видов трав: полевицы побегоносной — **Seaside, Krome, Penn A-4, L-93**; полевицы тонкой — **Highland**; овсяницы красной — J-5, SR5210, Boreal, Audubon, Gondolin, Tatjana; райграса пастбищного — Top Gun, Exite, La Quinta, Sakini, ВИК 66; мятлика лугового — Balin, Everest, Rush, Award, Beyond, Freedom III, Brooklawn, SR2100, Ne Destiny.

Однофакторный опыт заложен методом полной рандомизации. Площадь делянки составляет 2 м<sup>2</sup>, повторность — трехкратная.



Стрижка проводилась каждые 9 дней на высоту 40 мм. Годовая доза удобрений составляла  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . Подкормки нитрофоской проводили четыре раза с интервалом в четыре недели. Первое внесение удобрений провели через четыре недели после схода снега. Полив не проводился. Для борьбы с двулетними сорняками проводилась обработка гербицидом лонтрел-300 дозой 0,3 кг/га два раза за сезон, в конце мая и начале сентября. Оценка общей декоративности сортов проведена по плотности побегов, скорости отрастания, окраске травостоя и пораженности болезнями перед уходом под снег и при сходе снега визуально в баллах от 1 (низший) до 9 (высший) по методике NTEP (National Turfgrass Evaluation Program). Кроме того, степень поражения болезнями оценивали по проективному покрытию в процентах.

Норма высева: полевицы побегоносной — 10 г/м<sup>2</sup>, полевицы тонкой — 10, овсяницы красной — 30, райграса пастбищного — 60, мятлика лугового — 15 г/м<sup>2</sup>.

Почва опытного участка по гранулометрическому составу — среднесуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое — 2,7%, подвижной  $P_2O_5$  — 180 и обменной  $K_2O$  — 150 мг/кг, рН солевой вытяжки — 6,5.

Зимний период 2008–2009 гг. характеризовался наличием большого числа оттепелей, что и привело к массовому поражению трав зимними болезнями.

Весенне-летний период 2009 г. характеризовался благоприятным сочетанием температурного режима и осадков. В весенне-летний период 2010 г. наблюдалось не типичное для Нечерноземной зоны сочетание температуры и осадков. Температура в летние месяцы была выше среднееголетних данных, а осадки не выпадали с 14 июня по 20 августа. Лето 2011 г. было жарким. Среднемесячные температуры были на 3–5 °С больше среднееголетних значений. Осадков было меньше, чем по среднееголетним данным. Лето 2012 г. имело сухой жаркий период с 1 июля по 10 августа.

#### *Повреждение травостоя болезнями*

Болезни трав являются одной из наибольших проблем при производстве рулонного газона. Подверженность травостоя болезням увеличивается по мере интенсификации ухода за травостоем: увеличения доз удобрений и норм полива, уменьшения высоты стрижки [16].

Среди трав холодного климата более подвержены поражению болезнями полевица, райграс пастбищный и мятлик однолетний (*Poa annua var. reptans* (Hausskn.) Timm), нежели мятлик луговой [15].

Болезни активно развиваются и распространяются при определенной температуре, влажности и режиме освещения. Избыточно влажные условия, частая и обильная роса по утрам, как правило, способствуют распространению грибных заболеваний. Температура — второй важный фактор в развитии грибных заболеваний. Розовая и серая снежная плесень обычно появляется в зимний период, являясь наибольшей проблемой при перезимовке травостоя в сходном с российским скандинавском климате [14]. Для минимизации воздействия болезней на качество травостоя необходимо использование адаптированных к климатическим условиям региона сортов и видов трав. Очень важно, чтобы используемые сорта трав были устойчивы к опасным патогенам, которые встречаются в данном регионе.

В результате проведенных исследований наибольшее влияние на качество травостоя имели повреждения в зимний период. Вредоносность болезни проявляется в изреженности травостоя, появлении многочисленных проплешин; пораженные

растения медленно отрастают весной. Среди болезней зимнего времени были выявлены розовая и серая снежная плесени.

В условиях 2010 г. серая снежная плесень также слабо поражала овсяницу красную (1,3–5,3%). В 2011–2012 гг. наиболее устойчивым к серой снежной плесени был сорт J-5 (2,3–2,7%), а пораженность других сортов составляла от 9 до 30%. Сорта мятлика лугового сильно поражаются серой снежной плесенью: 35–68% (табл. 1).

Таблица 1

**Поражение болезнями зимнего периода в 2010–2012 гг., % проективного покрытия**

| Сорт                         | Серая снежная плесень |         |         | Розовая снежная плесень |         |         |
|------------------------------|-----------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|
|                              | 2010 г.               | 2011 г. | 2012 г. | 2010 г.                 | 2011 г. | 2012 г. |
| <i>Полевица побегоносная</i> |                       |         |         |                         |         |         |
| Seaside                      | 60                    | 49      | 56      | 14                      | 6       | 1       |
| Krome                        | 56                    | 58      | 80      | 14                      | 8,7     | 1,3     |
| Penn A-4                     | 76                    | 83      | 71      | 8                       | 9,3     | 1       |
| L-93                         | 70                    | 74      | 69      | 11                      | 4,7     | 1,7     |
| <i>Полевица тонкая</i>       |                       |         |         |                         |         |         |
| Highland                     | 65                    | 90      | 81      | 13                      | 5,7     | 2       |
| <i>Овсяница красная</i>      |                       |         |         |                         |         |         |
| J-5                          | 1,3                   | 2,7     | 2,3     | 1                       | 1       | 1       |
| SR 5210                      | 2,3                   | 9,7     | 13      | 1                       | 1       | 1       |
| Boreal                       | 1,3                   | 23      | 15      | 1                       | 1       | 1       |
| Audubon                      | 2,3                   | 15      | 9       | 1,3                     | 1       | 1       |
| Gondolin                     | 1,3                   | 25      | 12      | 1                       | 1       | 1       |
| Tatjana                      | 5,3                   | 30      | 11      | 1,3                     | 1       | 1,3     |
| <i>Райграс пастбищный</i>    |                       |         |         |                         |         |         |
| Top Gun II                   | 49                    | 62      | 55      | 27                      | 8,3     | 5,7     |
| Exite                        | 42                    | 72      | 57      | 31                      | 18      | 6,3     |
| La Quinta                    | 50                    | 68      | 69      | 25                      | 15      | 5,3     |
| Sakini                       | 51                    | 69      | 57      | 31                      | 21      | 5       |
| ВИК 66                       | 32                    | 55      | 65      | 26                      | 29      | 4,7     |
| <i>Мятлик луговой</i>        |                       |         |         |                         |         |         |
| Brooklawn                    | 45                    | 40      | 48      | 11                      | 1       | 1       |
| SR 2100                      | 39                    | 35      | 36      | 5,3                     | 1       | 1       |



| Сорт              | Серая снежная плесень |         |         | Розовая снежная плесень |         |         |
|-------------------|-----------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|
|                   | 2010 г.               | 2011 г. | 2012 г. | 2010 г.                 | 2011 г. | 2012 г. |
| Beyond            | 50                    | 38      | 42      | 12                      | 1,3     | 1,7     |
| Everest           | 45                    | 53      | 48      | 8,3                     | 1,3     | 1       |
| Ne Destiny        | 51                    | 59      | 63      | 8,3                     | 1       | 1       |
| Rush              | 43                    | 41      | 42      | 3,3                     | 1,3     | 1,3     |
| Award             | 51                    | 59      | 65      | 4                       | 5       | 1       |
| Freedom III       | 42                    | 52      | 44      | 5,3                     | 2       | 1,7     |
| Balin             | 57                    | 68      | 63      | 14                      | 8       | 1       |
| НСП <sub>05</sub> | 6                     | 9       | 12      | 10                      | 5       | 3       |

В 2011 г. сильнее других поразились сорта Ne Destiny (59%) и Balin (68%), в 2012 г. — Ne Destiny, Balin и Award. Наиболее устойчивым в течение всех лет исследований был сорт SR 2100.

Среди сортов райграса пастбищного в 2010 г. серой снежной плесенью в наименьшей степени поражен сорт ВИК 66 (32%). В 2012 г. существенных различий поражения сортов райграса пастбищного не наблюдалось.

Среди сортов полевицы побегоносной сильнее всего поразились сорта L-93 и Penn A-4 (69–74 и 71–83% соответственно).

Полевица тонкая поражалась серой снежной плесенью в 2010 и 2012 гг. также сильно, как и исследованные сорта полевицы побегоносной, а в условиях 2011 г. ее пораженность достигала 90%.

Поражение серой снежной плесенью существенно влияет на общую оценку декоративности сорта. Из-за сильного поражения сортов мятлика лугового и полевиц общая декоративность существенно ниже, чем потенциальная декоративность исследуемых сортов.

Розовая снежная плесень является одной из самых вредоносных болезней газонных трав в холодный период года [26]. Возбудитель розовой снежной плесени — *Microdochium nivale* — относится к классу сумчатых грибов. Снежная плесень распространена в центральной Европе, Скандинавии, Канаде и США. В России она имеет широкое распространение в районах возделывания озимых зерновых культур; эпифитотии возникают каждые три из 10 лет [9]. Патоген имеет большую агрессивность при низких положительных температурах, чем и объясняется преимущественное расселение гриба в годы с холодной весной [27]. По результатам исследований, выполненных в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, более вредоносным это заболевание оказалось для райграса пастбищного, чем для овсяницы красной и полевицы гигантской [1].

Исследованные нами сорта овсяницы красной в течение трех лет слабо поразились розовой снежной плесенью. Среди сортов мятлика лугового наименее устойчивыми в 2010 г. оказались сорта Balin, Beyond и Brooklawn (11–14%).

Райграс пастбищный сильнее поражен розовой снежной плесенью. В 2010 г. степень достигала 25–31%, а в 2012 г. она не превышала 4,7–6,3%.

Среди болезней, встречающихся в летний период, наблюдались мучнистая роса и листовая ржавчина. Поскольку зафиксированные летние болезни существенно не влияли на качество травостоев, наиболее важной при оценке сортов оказалась устойчивость сортов к зимним болезням.

#### *Общая декоративность травостоя*

Показатель общей декоративности является результирующей характеристикой качества травостоя. В 2010 г. показатель общей декоративности травостоя мятлика лугового варьировал от удовлетворительного до хорошего значения (5,0–6,9 баллов). Худшие результаты были у сорта *Balin* — 5,0 балла (табл. 2). Существенно более высокие показатели имели сорта *Award*, *Ne Destiny*, *Rush*, *Freedom III* (5,8–6,3 баллов), формируя травостой хорошего качества. Лучшими сортами были *Everest*, *Beyond*, *Brooklawn*, *SR 2100* (6,6–6,9 баллов). В 2011–2012 гг. показатели общей декоративности мятлика лугового снизились до 4,2–5,7 баллов.

Таблица 2

#### **Общая декоративность травостоев на 2–4-й годы жизни, баллы**

| Сорт                         | 2010 г. | 2011 г. | 2012 г. |
|------------------------------|---------|---------|---------|
| <i>Полевица побегоносная</i> |         |         |         |
| Seaside                      | 6,4     | 5,4     | 5,5     |
| Krome                        | 5,2     | 5,0     | 5,6     |
| Penn A-4                     | 5,4     | 5,2     | 4,9     |
| L-93                         | 6,3     | 5,1     | 5,0     |
| <i>Полевица тонкая</i>       |         |         |         |
| Highland                     | 3,9     | 4,6     | 4,1     |
| <i>Овсяница красная</i>      |         |         |         |
| J-5                          | 7,1     | 7,2     | 6,8     |
| SR 5210                      | 6,3     | 5,9     | 6,2     |
| Boreal                       | 6,1     | 6,0     | 6,4     |
| Audubon                      | 6,0     | 6,2     | 6,2     |
| Gondolin                     | 5,0     | 5,5     | 5,3     |
| Tatjana                      | 4,2     | 5,1     | 5,5     |
| <i>Райграс пастбищный</i>    |         |         |         |
| Top Gun II                   | 5,9     | 5,5     | 5,8     |
| Exite                        | 5,1     | 5,5     | 5,3     |

| Сорт                  | 2010 г. | 2011 г. | 2012 г. |
|-----------------------|---------|---------|---------|
| La Quinta             | 4,9     | 5,1     | 5,2     |
| Sakini                | 4,3     | 4,1     | 4,5     |
| ВИК 66                | 4,1     | 3,8     | 3,6     |
| <i>Мятлик луговой</i> |         |         |         |
| Brooklawn             | 6,9     | 5,2     | 5,1     |
| SR 2100               | 6,9     | 5,2     | 5,3     |
| Beyond                | 6,7     | 5,3     | 5,5     |
| Everest               | 6,6     | 5,7     | 5,7     |
| Ne Destiny            | 6,3     | 5,6     | 5,3     |
| Rush                  | 6,1     | 5,4     | 5,0     |
| Award                 | 5,9     | 5,3     | 5,0     |
| Freedom III           | 5,8     | 5,1     | 5,4     |
| Balin                 | 5,0     | 4,3     | 4,2     |
| НСП <sub>05</sub>     | 0,1     | 0,1     | 0,1     |

Сорта овсяницы красной J-5, SR 5210, Boreal, Audubon превосходили другие виды и сорта трав по общей декоративности (5,9–7,1 баллов) в течение всех трех лет эксплуатации травостоев. Сорта **Gondolin** и **Tatjana**, **кормовой направленности**, показали худшие показатели: 4,2 и 5,5 баллов. В группе сортов райграса пастбищного сорта Sakini и ВИК 66 показали самые низкие показатели (4,1–4,5 и 3,6–4,1 балла соответственно). Полевица тонкая сорта **Highland** имела **невысокие показатели декоративности** — 3,9–4,6 баллов. Сорта полевицы побегоносной формировали удовлетворительные травостои. Лучшим был сорт Seaside — 5,5–6,4 баллов.

#### *Связность и мощность дернины*

Мощность дернины, ее связность являются одними из основных характеристик газонного травостоя. В дополнение к испытаниям, описывающим эстетические характеристики газонного травостоя, необходимо проводить «функциональные» испытания, в частности, в целях занятия спортом и для производства рулонного газона. Прочность дерна на разрыв характеризуется связностью, которая определяется переплетением корней и корневищ трав. Эта характеристика важна при производстве рулонного газона во время срезки, транспортировки и укладки. Чем выше связность, тем лучше травостой может противостоять физическим повреждениям. Приемлемой для срезки дерна считается связность не менее 0,4 кГ/см<sup>2</sup> [8].

Оценка прочности дерна на разрыв показала, что сорта полевицы побегоносной формировали пригодный для срезки дерн только на 4-й год жизни. Связ-

ность дернины полевицы побегоносной к этому времени достигла 0,4–0,46 кг/см<sup>2</sup> (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

**Связность и мощность дернины на 2–4-й годы жизни травостоев**

| Сорт                         | Связность дернины, кг/см <sup>2</sup> |         |         | Мощность дернины, см |         |         |
|------------------------------|---------------------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
|                              | 2010 г.                               | 2011 г. | 2012 г. | 2010 г.              | 2011 г. | 2012 г. |
| <i>Полевица побегоносная</i> |                                       |         |         |                      |         |         |
| Seaside                      | 0,25                                  | 0,30    | 0,46    | 6,6                  | 9,7     | 9,1     |
| Krome                        | 0,26                                  | 0,28    | 0,41    | 6,2                  | 9,3     | 8,1     |
| Penn A-4                     | 0,24                                  | 0,27    | 0,40    | 6,3                  | 9,6     | 9,2     |
| L-93                         | 0,27                                  | 0,28    | 0,41    | 5,8                  | 8,8     | 8,7     |
| <i>Полевица тонкая</i>       |                                       |         |         |                      |         |         |
| Highland                     | 0,15                                  | 0,18    | 0,29    | 6,4                  | 5,6     | 5,2     |
| <i>Овсяница красная</i>      |                                       |         |         |                      |         |         |
| J-5                          | 0,26                                  | 0,23    | 0,33    | 11,5                 | 13,8    | 15,9    |
| SR 5210                      | 0,28                                  | 0,24    | 0,48    | 10,3                 | 12,6    | 14,2    |
| Boreal                       | 0,27                                  | 0,24    | 0,49    | 11,2                 | 13,5    | 14,5    |
| Audubon                      | 0,26                                  | 0,23    | 0,43    | 11,3                 | 13,4    | 13,9    |
| Gondolin                     | 0,28                                  | 0,19    | 0,31    | 9,9                  | 14,2    | 12,1    |
| Tatjana                      | 0,29                                  | 0,24    | 0,40    | 10,3                 | 13,9    | 13,5    |
| <i>Райграс пастбищный</i>    |                                       |         |         |                      |         |         |
| Top Gun II                   | 0,22                                  | 0,15    | 0,17    | 8,2                  | 9,4     | 8,3     |
| Exite                        | 0,22                                  | 0,16    | 0,22    | 8,7                  | 9,1     | 8,5     |
| La Quinta                    | 0,21                                  | 0,15    | 0,2     | 8,6                  | 9,4     | 8,2     |
| Sakini                       | 0,17                                  | 0,13    | 0,14    | 6                    | 8,4     | 7       |
| ВИК 66                       | 0,21                                  | 0,14    | 0,17    | 6,4                  | 6,6     | 5,8     |
| <i>Мятлик луговой</i>        |                                       |         |         |                      |         |         |
| Brooklawn                    | 0,3                                   | 0,44    | 0,99    | 9,7                  | 13,2    | 12,3    |
| SR 2100                      | 0,29                                  | 0,44    | 0,93    | 9,8                  | 13,5    | 12,5    |
| Beyond                       | 0,3                                   | 0,48    | 0,78    | 8,4                  | 12      | 11,8    |
| Everest                      | 0,33                                  | 0,51    | 0,85    | 8,1                  | 11,7    | 11,3    |

| Сорт              | Связность дернины, кг/см <sup>2</sup> |         |         | Мощность дернины, см |         |         |
|-------------------|---------------------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
|                   | 2010 г.                               | 2011 г. | 2012 г. | 2010 г.              | 2011 г. | 2012 г. |
| Ne Destiny        | 0,32                                  | 0,47    | 0,80    | 8,6                  | 12      | 10,6    |
| Rush              | 0,33                                  | 0,49    | 0,87    | 7,8                  | 12      | 10,8    |
| Award             | 0,33                                  | 0,44    | 0,97    | 8,8                  | 12,3    | 12,6    |
| Freedom III       | 0,34                                  | 0,49    | 0,86    | 7,6                  | 11,6    | 10,4    |
| Balin             | 0,24                                  | 0,29    | 0,54    | 6,3                  | 10,8    | 9,5     |
| НСП <sub>05</sub> | 0,01                                  | 0,01    | 0,02    | 0,26                 | 0,15    | 0,08    |

Дернина всех сортов овсяницы красной, кроме J-5 и Gondolin, также достигла высокой связности — 0,4–0,49 кг/см<sup>2</sup> — к 4-му году жизни.

Полевица тонкая на 2–3-й гг. имела рыхлый дерн (0,15 и 0,18 кг/см<sup>2</sup>), к 4-му году она возросла до 0,29 кг/см<sup>2</sup>. Дернина райграса пастбищного имела слабую связность: 0,13–0,22 кг/см<sup>2</sup> — и была непригодна для срезки.

Сорта мятлика лугового, за исключением сорта Balin, формировали значительно более связную дернину, чем другие виды трав, уже с 3-го года жизни травостоев. На 4-й год связность дерна этих сортов достигла 0,78–0,99 кг/см<sup>2</sup>, что в 1,6–3,2 раза выше связности дерна полевицы побегоносной и овсяницы красной.

Следует отметить, что поздний августовский посев трав в 2009 г. и последующие экстремальные засушливые условия 2010 г., несомненно, замедлили формирование товарного дерна.

Мощность дернины в первую очередь показывает, насколько хорошо сорт адаптирован к той или иной технологии содержания. При более низкой стрижке мощность дернины обычно уменьшается.

Овсяница красная и мятлик луговой превосходили по мощности дернины другие виды трав. На 4-й год жизни она составляла от 10,4 до 15,9 см. Сорт овсяницы красной J-5 относится к подвиду овсяницы красной измененной, имеющей рыхлокустовый тип кущения и не образующей корневищ. Он имел более мощную дернину (15,9 см), чем другие сорта, относящиеся к подвиду овсяницы красной с длинными корневищами. По связности дернины (0,33 кг/см<sup>2</sup>) сорт J-5, наоборот, уступал другим сортам, кроме сорта Gondolin. Мощность дернины полевицы побегоносной (8,1–9,2 см), полевицы тонкой (5,2 см) и райграса пастбищного (5,8–8,5 см) была значительно меньше. Кормовые сорта райграса пастбищного ВИК 66 и мятлика лугового Balin формировали более слабую дернину, чем газонные сорта трав.

### Выводы

1. Сорта мятлика лугового газонного типа уже на 3-й год жизни формировали прочный дерн со связностью 0,44–0,51 кг/см<sup>2</sup>, на 4-й год она возросла до 0,80–0,99 кг/см<sup>2</sup>. На 4-й год пригодный к срезке дерн имели также сорта полевицы побегоносной и овсяницы красной. Дернина райграса пастбищного и полевицы тонкой имеет слабую связность и непригодна для производства рулонного газона.

2. Наиболее устойчивой к серой снежной плесени была овсяница красная (1,3–30%), а поражаемость других видов трав была высокой: от 36 до 90%.

3. Овсяница красная и мятлик луговой превосходили другие виды газонных трав по устойчивости к розовой снежной плесени. Поражаемость этих видов составила соответственно 1–1,3 и 1–14%. Райграс пастбищный оказался наименее устойчивым — 5–31%.

4. Сорты овсяницы красной J-5, SR5210, Boreal, Audubon превосходили другие виды и сорта трав по общей декоративности (5,9–7,1 баллов) в течение всех трех лет эксплуатации травостоев. Сорты Gondolin и Tatjana, кормовой направленности, имели худшие показатели: 4,2 и 5,5 баллов. Общая декоративность других видов трав снижалась в такой последовательности: мятлик луговой, полевица побегоносная, райграс пастбищный, полевица тонкая.

#### Библиографический список

1. Костенко Е.С. Совершенствование приемов фитосанитарного мониторинга и защиты газонных травостоев от основных вредных организмов (снежной плесени и жуков щелкунов). Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.07. М., 2012. 20 с.
2. Курченко Е.И. К вопросу о классификации жизненных форм злаков. I. Классификация жизненных форм злаков по признакам вегетативных органов в связи с систематикой (на примере рода *Agrostis* L. // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 2006. Т. 111. Вып. 1. С. 57–62.
3. Кондратьев В.Н. Промышленное производство биологических ковров для газонов и крепления откосов земляных инженерных сооружений: временные рекомендации / РУП Ин-т мелиорации и луговодства Нац. академии наук Беларуси. Мн.: [б. и.]. 2004. 36 с.
4. Лазарев Н.Н., Соколова В.В., Гусев М.А. Оценка сортов низовых злаковых трав зарубежной селекции в Московской области // Кормопроизводство. 2011. № 4. С. 21–23.
5. Лазарев Н.Н., Уразбахтин З.М., Соколова В.В. Влияние норм высева на формирование декоративных газонов из одновидовых посевов злаковых трав и травосмесей // Известия ТСХА. 2011. Вып. 5. С. 43–50.
6. Лазарев Н.Н., Соколова В.В., Уразбахтин З.М. Влияние осадка сточных вод на формирование обыкновенных газонов // Известия ТСХА. 2013. Вып. 2. С. 58–68.
7. Лантев А.А. Газоны. Киев: Наукова думка. 1983. 176 с.
8. Лепкович И.П. Ваши газоны. СПб.: Издательство «Диля», 2014. 304 с.
9. Санин С.С., Назарова Л.Н., Соколова Е.А., Ибрагимов Т.З. Здоровье зернового поля // Защита и карантин растений. 1999. № 2. С. 28–31.
10. Сенаторова Г.И. Морфогенез мятлика лугового и его использование в газонной культуре. Новосибирск: Наука; Сиб. Отд-ние, 1981. 88 с.
11. Сигалов Б.Я. Долголетние газоны. Биологические основы культуры. М.: «Наука», 1971. 311 с.
12. Теодоровский В.С., Сабо Е.Д., Фролова В.А. Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры. М.: Изд. центр «Академия», 2007. 352 с.
13. Alderson J. and Sharp W.C. Grass Varieties of the United States. Agricultural Handbook. 1994. № 170. USDA, Soil Conservation Service. Washington, DC.
14. Arsvoll K. Winter damage in Norwegian grassland, 1968-1971 // Meldinger fra Norges Landbrukshogskole. 1973. V. 52 (3). P. 1–21.
15. Beard J.B., Rieke P.E., Turgeon A.J., Vargas J.M. Annual bluegrass (*Poa annua* L.) Description, adaptation, culture and control. Res. Rep. 1978. 352. Michigan State University Agric. Exp. Stn., East Lansing, MI.
16. Beard J.B. Turf Management for golf courses. Chelsea: Ann Arbor Press, Michigan, 2002. 793 p.
17. Bonos S.A., Murphy J.A. Growth responses and performance of Kentucky bluegrass under summer stress // Crop Sci. 1999. V. 39. P. 770–774.



18. Bonos S.A., Meyer W.A., Murphy J.A. Kentucky bluegrasses makes a comeback on fairways and roughs // Golf Course Mgmt. 2000. V. 68. P. 59–64.
19. Casler M.D., Ronny R.R. Turfgrass Biology, Genetics, and Breeding. John Wiley & Sons. 2003. 367 p.
20. Funk C.R., Engel R.E., Indyk H.W. Ryegrass in New Jersey. Report on Turfgrass Research at Rutgers University. 1966. Bulletin. № 816. P. 59–67.
21. Hurley R.H., Lehman V.G., Funk D.C., Funk C.R. Registration of «Repell II» perennial ryegrass // Crop Sci. 1994. V. 34. № 5. P. 1409–1410.
22. Gaskin T.A. Varietal reaction of creeping bentgrass to stripe smut // Plant Disease Reporter. 1965. V. 49 (3). P. 268.
23. Kephart K.D., Buxton D.R. Forage quality responses of C3 and C4 perennial grasses to shade // Crop Science. 1993. V. 33. P. 831–837.
24. Morrish R.H., Harrison C.M. The establishment and comparative wear resistance of various grasses and grass-legume mixtures to vehicular traffic // Journal of the American Society of Agronomy. 1948. V. 40. P. 168–179.
25. Schery R.W. Remarkable Kentucky bluegrass. Weeds, Trees and Turf. 1966. V. 5 (10). P. 16–17.
26. Smiley R.W., Dernoeden P.H., Clarke B.B. Infectious foliar diseases. In Compendium of Turfgrass Diseases, 2nd ed. (ed. R.W. Smiley, P.H. Dernoeden, B.B. Clarke. 1992. P. 11–37.) The American Phytopathological Society: St Paul, MN.
27. Smith J.D. Fusarium nivale (Gerlachia nivalis) from cereals and grasses: is it the same fungus // Canadian Plant Disease Survey. 1983. V. 63. P. 25–26.
28. Turgeon A.J. Turfgrass management. 9th Ed. Prentice Hall. 2011. 408 p.

## COMPLEX ASSESSMENT OF TURF GRASS VARIETIES AND SPECIES FOR CULTIVATION OF ROLLED LAWNS UNDER THE CONDITIONS OF MOSCOW REGION

N.N. LAZAREV, M.A. GUSEV

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

*In the field experiment, conducted in Moscow region with herbage grown for 2–4 years, 5 species and 25 varieties of lawn grass used for roll turf production were assessed. The qualitative indicators of lawn grass stands are the following: susceptibility to summer and winter diseases, ornamental effects, sod layer thickness and density. It was found that herbage quality was damaged greatly in winter time. Among the diseases spreading in winter time pink (*Microdochium nivale*) and gray (*Typhula ishikariensis*) snow mold were revealed. The strongest resistance to gray snow mold was shown by red fescue (*Festuca rubra* L.) (1.3–30%), while the susceptibility of other grass species to the disease was much higher — from 36 to 90%. Among red fescue varieties the least susceptible one is J-5 (1.3–2.7%), among meadow grass varieties (*Poa pratensis* L.) — SR 2100 (35–39%), and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) — VIC 66 (32–65%). Susceptibility of creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera* L.) was higher for all research years and varied within the interval of 49–83%. Varieties of creeping bentgrass L-93 and Penn A-4 were disproportionately damaged (69–74 and 71–83%, respectively). *Agrostis tenuis* L. was the most susceptible of all studied grasses types, damage degree varying from 65 to 90%.*

*The most resistant species to pink snow mold were found to be red fescue and Kentucky bluegrass, susceptibility of which amounted to 1–1.3% and 1–14% correspondingly. Perennial*

ryegrass was the least stable — 5–31%. Among the diseases that occur in the summer time powdery mildew and leaf rust were recorded. However, these diseases do not affect the quality of herbage.

Such varieties of red fescue as J-5, SR 5210, Boreal, Audubon were superior to other species and varieties of lawn grasses from the standpoint of ornamental effect (5.9–7.1 points) during the three years of herbage exploitation. The fewest points were accounted for fodder varieties — Gondolin and Tatjana — 4.2 and 5.5 respectively.

By the 3<sup>rd</sup> year of growth the thickest sod layer with 0.44–0.51 kG/cm<sup>2</sup> density was developed by meadow grass varieties of lawn grass type. On the 4<sup>th</sup> year of growing such species as creeping bentgrass and red fescue formed the sod layer that was suitable for cutting. In the production of turf the following varieties should be used: meadow grass — Everest, Rush, Award, Beyond, Freedom III, Brooklawn, SR2100, Ne Destiny; red fescue — SR 5210, Boreal, Audubon; and creeping bentgrass — Krome and Seaside. Perennial ryegrass sod was quite thin and was not suitable for the production of turf.

*Key words:* turf grasses, winter and summer diseases, thickness and density of sod layer, roll lawn.

**Лазарев Николай Николаевич** — д. с.-х. н., проф., зав. кафедрой растениеводства и луговых экосистем РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Лиственничная аллея, 3; тел. (499) 976-10-05; e-mail: lazarevnick2012@gmail.com).

**Гусев Михаил Александрович** — асп. кафедры растениеводства и луговых экосистем РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Лиственничная аллея, 3; e-mail: GusevMike@yandex.ru).

**Lazarev Nikolai Nikolaevich** — Doctor of Agricultural Sciences, professor, Head of the department of grassland sciences and grassland ecosystems, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-10-05; e-mail: lazarevnick2012@gmail.com).

**Gusev Mikhail Aleksandrovich** — PhD student of the department of grassland sciences and grassland ecosystems, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; e-mail: GusevMike@yandex.ru).

**ВОЗРАСТ РАЗМНОЖАЮЩИХСЯ САМОК  
И ИЗМЕНЧИВОСТЬ РЕПРОДУКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПРЫТКОЙ ЯЩЕРИЦЫ (*LACERTA AGILIS* L., 1758)  
В КУМО-МАНЫЧСКОЙ ВПАДИНЕ: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ  
СКЕЛЕТОХРОНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

А.А. КИДОВ<sup>1</sup>, Е.Г. КОВРИНА<sup>1</sup>, А.Л. ТИМОШИНА<sup>1</sup>,  
И.З. ХАЙРУТДИНОВ<sup>2</sup>, К.А. МАТУШКИНА<sup>1</sup>, С.Г. ПЫХОВ<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; <sup>2</sup> Казанский Федеральный университет)

*В статье приводятся данные о возрасте и репродуктивной характеристике самок прыткой ящерицы в Кумо-Манычской впадине (Ставропольский край, Российская Федерация). Отмечается, что самки в исследуемой популяции приступают к размножению в возрасте двух лет и сохраняют воспроизводительную способность до верхнего предела доживания (7 лет). Наибольшее количество беременных самок относилось к 3–5-летним возрастным группам. В среднем самки старших возрастных категорий откладывали яйца раньше младших животных. Не были отмечены различия по плодовитости, размерам яиц и новорожденных ящериц у самок из разных возрастных групп. Предполагается, что наиболее заметный вклад в репродуктивные показатели прыткой ящерицы вносит не возраст, а другие факторы: размер самки, климатические характеристики, доступность корма.*

*Ключевые слова: прыткая ящерица, *Lacerta agilis*, самки, скелетохронология, репродуктивный возраст, репродуктивный размер, репродуктивная биология, плодовитость.*

На протяжении многих лет прыткая ящерица (*Lacerta agilis* L., 1758) является наиболее популярным объектом в самых разнообразных направлениях герпетологических исследований, что, несомненно, обусловлено ее широким распространением, высокой численностью и экологической пластичностью [3–5, 22]. Учитывая вышесказанное, а также исключительное биологическое и хозяйственное значение прыткой ящерицы [7, 19, 25, 26, 31], можно было бы ожидать, что она принадлежит к ряду наиболее изученных представителей герпетофауны. Однако обилие публикаций [8, 11, 12, 14, 15, 20, 21, 24, 27] последних лет свидетельствует о неугасающем интересе к вопросам изучения роста, развития и размножения *L. agilis*. В частности, для различных географических группировок этого вида до настоящего времени повышенный интерес вызывает выявление сроков наступления половой зрелости, минимального репродуктивного размера, вероятной возрастной изменчивости репродуктивных показателей, а также другие неотъемлемые экологические характеристики.

Решение этих проблем невозможно без точного определения возраста животных. Несостоятельность возможности выделения различных календарно-возрастных групп прыткой ящерицы по размерным кластерам, широко практиковавшаяся многими авторами ранее [3], была многократно доказана впоследствии [8, 11, 12, 15]. Лишь

применение скелетохронологического анализа, основанного на изучении слоистых структур трубчатых костей, позволило с высоким уровнем достоверности определять возраст ящериц [8, 11, 13, 28, 29]. Несмотря на широкую апробацию этого метода в герпетологических исследованиях [15–17], до настоящего времени не проводились исследования репродуктивных показателей самок прыткой ящерицы в разных возрастных группах.

Нами предпринята попытка осветить некоторые аспекты репродукции в разных возрастных группах прыткой ящерицы на примере популяции Кумо-Маньчской впадины.

### Материал и методы исследований

Исследования проводили в 2011 г. в окрестностях села Дивное Апанасенковского района Ставропольского края РФ. Методы сбора ящериц, лабораторного содержания беременных самок, искусственной инкубации яиц и выращивания полученной молоди были нами многократно описаны ранее [9, 10]. Длину туловища ( $L$ ) беременных самок и вылупляющейся молоди измеряли штангенциркулем с погрешностью 0,1 мм. Промеры наибольшей длины и ширины яиц осуществляли сразу после обнаружения кладки, а измерение длины тела молодых ящериц — на первые сутки после их вылупления.

Определение возраста проводили при помощи скелетохронологического анализа по стандартной методике [17] путем анализа линий склеивания на декальцинированных и окрашенных срезах дистальной фаланги пальца задней правой конечности ящериц. Результаты изучения возрастной структуры популяции прыткой ящерицы в Кумо-Маньчской впадине были приведены нами ранее [8].

Для выявления достоверности различий в показателях у ящериц разных возрастных групп применяли  $U$ -критерий Манна-Уитни ( $U_{\text{мп}}$ ), рассчитанный при помощи пакета программ Statistica 8.0.

### Результаты и их обсуждение

Несомненно, что наиболее наглядным признаком достижения самкой половой зрелости является факт получения от нее потомства. В изученной нами выборке, содержащей 76 самок, беременными, т.е. впоследствии отложившими в лабораторных условиях яйца, были 56 особей в возрасте 2–7 лет (рис. 1). Напомним, что изучение половозрастной структуры прыткой ящерицы в Кумо-Маньчской впадине ранее показало [8], что самки доживают в этой популяции до предельного возраста 8 лет. Таким образом, из данных, приведенных ниже, следует, что самки сохраняют репродуктивную способность почти до верхнего предела продолжительности жизни. Наиболее молодые самки, отложившие яйца, имели возраст более 2 лет, а основу репродуктивного ядра популяции составляли особи, достигшие 3–5-летнего возраста.

В наших исследованиях продолжительность периода откладки яиц от первого до последнего случая составляла 36 сут. с конца июня по конец июля, причем 50% самок отложили яйца в I декаду июля. **Наиболее ранние находки яиц прыткой ящерицы**, описанные другими авторами для Ставропольского края, приходятся на середину мая, а время откладки, по их данным, может растягиваться на 1–2 месяца [1]. В то же время некоторые исследователи отмечают, что более молодые самки прыткой ящерицы позднее вступают в размножение, чем более взрослые [1, 23]. По нашим данным, достоверные различия в сроках откладки яиц наблюдались лишь между возрастными

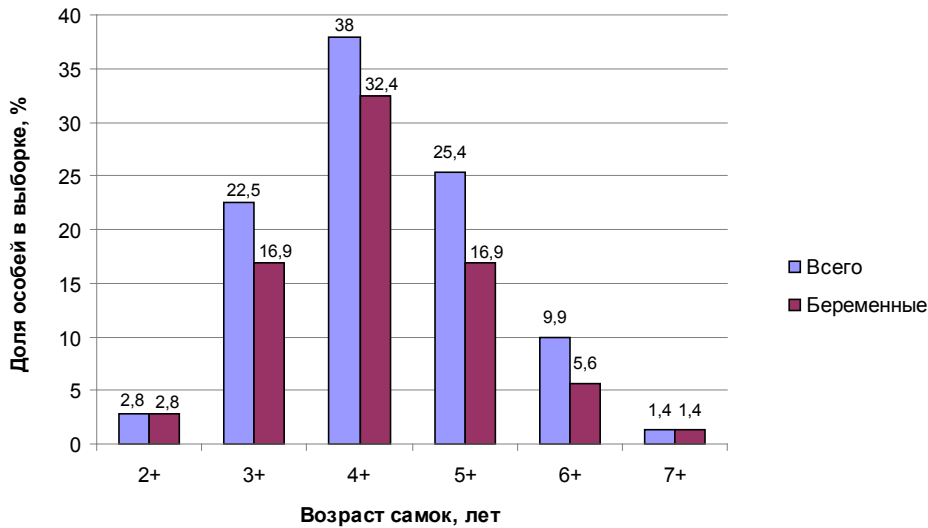


Рис. 1. Возрастная структура самок прыткой ящерицы в исследованной популяции

группами 4+ и 6+ ( $U_{эмп} = 0$ ,  $p \leq 0,01$ ), но в целом также имела место тенденция более ранней откладки яиц самками старших возрастов (рис. 2).

Нами не выявлены различия по длине тела у беременных самок разных возрастных групп (табл. 1). Кроме того, минимальные и максимальные значения длины тела зачастую перекрывались у ящериц разных возрастов, что свидетельствует о высокой индивидуальной изменчивости их темпа роста. Так, в изученной нами выборке наименьший размер (71,3 мм) имела беременная самка в возрасте 5 лет,

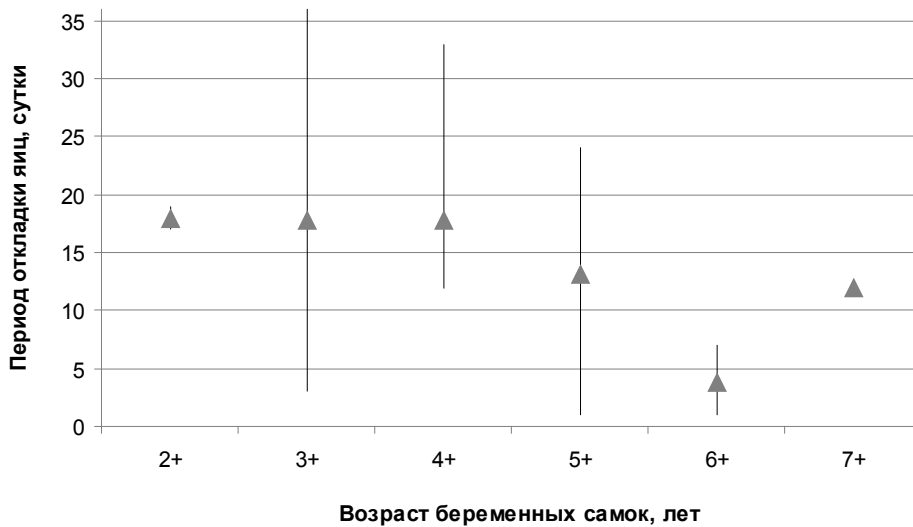


Рис. 2. Распределение кладок яиц в репродуктивном сезоне у ящериц разных возрастных групп

Таблица 1

**Размерно-возрастная структура беременных прытких ящериц  
в выборке из популяции Кумо-Манычской впадины**

| Возрастная группа | n  | Длина тела, мм |      |      |            |
|-------------------|----|----------------|------|------|------------|
|                   |    | M              | m    | σ    | min – max  |
| 2+                | 2  | 81,2           | 3,96 | 3,96 | 78,4–84,0  |
| 3+                | 13 | 79,7           | 1,75 | 6,08 | 72,0–92,0  |
| 4+                | 22 | 79,8           | 1,18 | 5,41 | 72,0–95,2  |
| 5+                | 12 | 81,8           | 2,08 | 6,91 | 71,3–96,4  |
| 6+                | 4  | 92,0           | 3,89 | 6,73 | 87,0–100,0 |
| 7+                | 1  | 93,0           | –    | —    | —          |
| Среднее           | 54 | 81,4           | 0,93 | 6,75 | 71,3–100,0 |

а наименьшая 2-летняя особь достигала 78,4 мм. Отсутствие четких различий в размерах между животными разных возрастных групп после достижения ими половой зрелости для целого ряда пресмыкающихся, включая и ряд европейских и предкавказских географических группировок *L. agilis*, было описано и другими авторами [8, 11, 14, 15].

Плодовитость самок и размерные показатели яиц и молоди в изученной нами популяции (табл. 2) в целом согласуются с данными, приводимыми дру-

Таблица 2

**Характеристика кладок прытких ящериц различных возрастных групп**

| Возрастная группа | Показатель                   |  |                           |  |                            |  |
|-------------------|------------------------------|--|---------------------------|--|----------------------------|--|
|                   | количество яиц в кладке, шт. |  | наибольшая длина яйца, мм |  | наибольшая ширина яйца, мм |  |
|                   | n                            | $\frac{M \pm m (\sigma)}{\text{min} - \text{max}}$ | n                         | $\frac{M \pm m (\sigma)}{\text{min} - \text{max}}$ | n                          | $\frac{M \pm m (\sigma)}{\text{min} - \text{max}}$ |
| 2+                | 2                            | $\frac{7.5 \pm 0.71 (0.71)}{7-8}$                  | 15                        | $\frac{13.4 \pm 0.35 (0.83)}{12,0-13,9}$           | 15                         | $\frac{8.8 \pm 0.35 (0.84)}{8,5-9,0}$              |
| 3+                | 12                           | $\frac{7.6 \pm 0.62 (2.07)}{5-11}$                 | 91                        | $\frac{13.6 \pm 0.29 (0.97)}{12,0-15,4}$           | 91                         | $\frac{8.9 \pm 0.19 (1.81)}{7,5-10,1}$             |
| 4+                | 23                           | $\frac{7.4 \pm 0.24 (1.11)}{5-9}$                  | 169                       | $\frac{13.4 \pm 0.25 (1.16)}{11,3-15,2}$           | 169                        | $\frac{8.8 \pm 0.15 (1.95)}{7,0-9,8}$              |
| 5+                | 12                           | $\frac{6.92 \pm 0.84 (2.78)}{2-12}$                | 83                        | $\frac{13.5 \pm 0.34 (1.13)}{11,8-16,7}$           | 83                         | $\frac{8.6 \pm 0.27 (2.46)}{7,1-10,1}$             |
| 6+                | 4                            | $\frac{9.75 \pm 1.09 (1.89)}{7-11}$                | 39                        | $\frac{14.4 \pm 0.40 (0.70)}{13,8-15,1}$           | 39                         | $\frac{9.4 \pm 0.23 (1.44)}{8,9-9,8}$              |
| 7+                | 1                            | 9  | 9                         | 16,7   | 9                          | 9,8  |
| Итого             | 54                           | $\frac{7.5 \pm 0.27 (1.98)}{2-12}$                 | 406                       | $\frac{13.6 \pm 0.24 (4.83)}{11,3-16,7}$           | 406                        | $\frac{8.8 \pm 0.10 (2.01)}{7,0-10,1}$             |



гими исследователями как для вида в целом [1, 6], так и для подвида в частности [18]. Указания о нахождении в природе (Курский заповедник) одновременно до 45(!) яиц [2], несомненно, стоит считать результатом групповой откладки яиц несколькими самками.

Количество яиц в кладках самок разных возрастов, изученных нами, варьировало в широких пределах и во всех случаях имело зону перекрытия с соседними группами. Так, для пятилетних самок были отмечены как самые низкие (2 яйца), так и самые высокие (12 яиц) значения этого показателя. По всей видимости, плодовитость самок прыткой ящерицы не имеет возрастной изменчивости и обусловлена, вероятно, их размерами и физиологическим состоянием [23, 30].

Также нами не отмечены различия в размерах яиц у самок разных возрастов, а также в длительности инкубации яиц, их сохранности, размерах вылупляющегося молодняка (табл. 3).

Таблица 3

**Показатели развития яиц и размерные характеристики молоди, полученной от самок прыткой ящерицы разного возраста**

| Возрастная группа | Показатель                           |  |   |  |                                     |  |
|-------------------|--------------------------------------|--|---|--|-------------------------------------|--|
|                   | длительность инкубации кладок, сутки |  | сохранность яиц в кладке за период инкубации, % |  | длина тела новорожденных особей, мм |  |
|                   | n                                    | $\frac{M \pm m (\sigma)}{\text{min} - \text{max}}$ | n   | $\frac{M \pm m (\sigma)}{\text{min} - \text{max}}$ | n                                   | $\frac{M \pm m (\sigma)}{\text{min} - \text{max}}$ |
| 2+                | 4                                    | 43   | 15  | $\frac{26.7 \pm 7.89 (29.5)}{0-57,1}$              | 4                                   | $\frac{29.9 \pm 2.22 (4.43)}{24,6-33,2}$           |
| 3+                | 29                                   | $\frac{40.8 \pm 0.45 (0.91)}{40-42}$               | 70  | $\frac{41.4 \pm 5.56 (53.04)}{0-87,5}$             | 29                                  | $\frac{30.8 \pm 0.96 (1.92)}{27,1-33,7}$           |
| 4+                | 46                                   | $\frac{40.9 \pm 0.70 (1.99)}{38-45}$               | 169   | $\frac{27.2 \pm 3.47 (45.11)}{0-85,7}$             | 46                                  | $\frac{32.3 \pm 0.55 (2.06)}{29,3-38,5}$           |
| 5+                | 18                                   | $\frac{40.0 \pm 1.05 (1.83)}{38-42}$               | 52  | $\frac{34.6 \pm 4.38 (35.91)}{0-66,7}$             | 18                                  | $\frac{30.3 \pm 1.79 (3.10)}{25,9-33,1}$           |
| 7+                | —                                    | —  | 9   | 0  | —                                   | —  |
| Итого             | 97                                   | $\frac{40.8 \pm 0.26 (2.56)}{38-45}$               | 306   | $\frac{31.7 \pm 2.80 (48.97)}{0-87,5}$             | 97                                  | $\frac{31.6 \pm 0.52 (5.12)}{25,9-38,5}$           |

### Заключение

Таким образом, самки в исследуемой популяции приступают к размножению в возрасте двух лет и сохраняют воспроизводительную способность до верхнего предела доживания — 7 лет. Наибольшее количество самок, в том числе беременных, в исследованной популяции имело возраст 3–5 лет.

В среднем самки старших возрастных категорий откладывали яйца раньше младших животных, что, возможно, обусловлено более поздними сроками спариваний последних.

Нами не были отмечены различия по плодовитости, размерам яиц и вылупляющейся молоди у самок разных возрастных групп. Вероятно, наиболее заметный вклад в репродуктивные показатели прыткой ящерицы вносит не возраст, а другие факторы: размер самки, климатические характеристики, доступность корма.

Авторы признательны проф. Л.В. Маловичко за ценные и конструктивные замечания при работе над рукописью статьи, а также всем коллегам, оказавшим содействие в сборе полевого материала, особенно — Ю.Ю. Гилицкой.

#### Библиографический список

1. Баранов А.С., Стрельцов А.Б., Тертышников М.Ф. Размножение // Прыткая ящерица. Монографическое описание вида. М.: Наука, 1976. С. 214–226.
2. Власова О.П., Власов Е.А., Власов А.А. Пресмыкающиеся Центрально-Черноземного заповедника // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 6–1. С. 2988–2991.
3. Даниелян Ф.Д., Симонян А.А., Яблоков А.В., Смирин Э.М. Развитие и рост // Прыткая ящерица. Монографическое описание вида. М.: Наука, 1976. С. 227–245.
4. Даревский И.С., Щербак Н.Н., Петерс Г. Систематика и внутривидовая структура // Прыткая ящерица. Монографическое описание вида. М.: Наука, 1976. С. 53–95.
5. Калябина-Хауф С.А., Ананьева Н.Б. Филогеография и внутривидовая структура широкоареального вида ящериц *Lacerta agilis* L., 1758 (**Lacertidae, Sauria, Reptilia**) (опыт использования митохондриального гена цитохрома *b*). СПб.: Зоологический институт РАН, 2004. 108 с.
6. Кармышев Ю.В., Ярыгин А.Н. Репродуктивные особенности некоторых настоящих ящериц (Lacertidae) Украины // Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого. 2013. Т. 1. №7. С. 59–64.
7. Кидов А.А., Коврина Е.Г., Тимошина А.Л., Бакшеева А.А., Матушкина К.А., Аффрин К.А., Блинова С.А. Паразитизм собачьего клеща, *Ixodes ricinus* на синтопических ящерицах азалиевых дубрав Северо-Западного Кавказа // Вестник Бурятского государственного университета. 2014. Т. 4. № 2. С. 44–48.
8. Кидов А.А., Коврина Е.Г., Хайрутдинов И.З., Тимошина А.Л., Бакшеева А.А., Пыхов С.Г. Предварительные данные о возрастной структуре популяции и росте прыткой ящерицы (*Lacerta agilis* Linnaeus, 1758) в Кума-Манычской впадине // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2014. № 2. С. 38–45.
9. Кидов А.А., Тимошина А.Л., Коврина Е.Г., Бакшеева А.А., Коротина Г.А. Ночная активность прыткой ящерицы, *Lacerta agilis* (Reptilia, Sauria: Lacertidae) в Предкавказье // Естественные и технические науки. 2012. № 5. С. 129–132.
10. Кидов А.А., Тимошина А.Л., Коврина Е.Г., Матушкина К.А., Пыхов С.Г. Характеристика репродуктивных показателей восточной прыткой ящерицы (*Lacerta agilis exigua* Eichwald, 1831) (**Reptilia, Squamata, Sauria: Lacertidae**) в Кумо-Манычской впадине // Естественные и технические науки. 2012. № 1. С. 81–83.
11. Кидов А.А., Тимошина А.Л., Хайрутдинов И.З., Коврина Е.Г., Матушкина К.А. Возраст, рост и размножение ящерицы Бёме, *Lacerta agilis boemica* Suchow, 1929 (Reptilia: Lacertilia: Lacertidae) в предгорьях Северной Осетии // Вестник Бурятского государственного университета. 2014. Т. 4. № 2. С. 49–52.
12. Малюк А.Ю. Изменчивость линейных размеров прыткой ящерицы, *Lacerta agilis* (Reptilia, Squamata), и периодизация ее постэмбрионального развития // Вестник зоологии. Т. 44 (№ 4). С. 337–348.

13. Орлова В.Ф., Смирин Э.М. Возрастная структура популяции артевской ящерицы (*Lacerta derjugini*) на Северном Кавказе // Вопросы герпетологии: Мат. Пятой Всесоюз. герп. конф. (Ашхабад, 22–24 сент. 1981 г.). Л.: Наука, 1981. С. 30–31.
14. Песков В.Н., Малюк А.Ю., Петренко Н.А. Линейные размеры тела и биологический возраст амфибий и рептилий на примере *Lacerta agilis* (Linnaeus, 1758) и *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18, № 6–1. С. 3055–3058.
15. Ройтберг Е.С., Смирин Э.М. Развитие исследований роста рептилий в направлениях, определенных А.М. Сергеевым // Зоол. ж. 2012. Т. 91 (№ 11). С. 1291–1301.
16. Смирин Э.М. Перспективы определения возраста рептилий по слоям в кости // Зоол. ж. 1974. Т. 53 (№ 1). С. 111–117.
17. Смирин Э.М. Методика определения возраста амфибий и рептилий по слоям в кости // Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. Киев, 1989. С. 144–153.
18. Тертышников М.Ф. Пресмыкающиеся Предкавказья (фауна, систематика, экология, значение, охрана, генезис): Дисс. ... д-ра биол. наук. Ставрополь, 1992. 383 с.
19. Тертышников М.Ф. Экологический анализ и биоценологическое значение популяций прыткой ящерицы (*Lacerta agilis exigua* Eichw., 1831) и разноцветной ящурки (*Eremias arguta deserti* Gmel., 1789) в условиях Ставропольской возвышенности: Дисс. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 1972. 247 с.
20. Хайрутдинов И.З. Характеристика популяций прыткой ящерицы *Lacerta agilis* (Reptilia; Squamata) урбанизированных территорий Татарстана (на примере г. Казани) // Праці Українського герпетологічного товариства. 2011. № 3. С. 208–220.
21. Хайрутдинов И.З., Гаранин В.И. Возрастная структура популяций прыткой ящерицы *Lacerta agilis* трансформированных территорий (на примере г. Казани) // Праці Українського герпетологічного товариства. 2009. № 2. С. 94–101.
22. Щербак Н.Н., Осташко Н.Г. Ареал // Прыткая ящерица. Монографическое описание вида. М.: Наука, 1976. С. 9–52.
23. Bauwens D. Life-history variation in Lacertid lizards // Nat. Croat. 1999. V. 8. № 3. P. 239–252.
24. Boreczyk B., Pasko L. How precise are size-based age estimation in the sand lizard (*Lacerta agilis*)? // Zoologica Polonica. 2011. V. 56 (№ 1–4). P. 11–17.
25. Ekner A., Dudek A., Sajkowska Z., Majlathova V., Majlath I., Tryjanowski P. Anaplasmatidae and *Borrelia burgdorferi sensu lato* in the sand lizard *Lacerta agilis* and co-infection of these bacteria in hosted *Ixodes ricinus* ticks // Parasites & Vectors. 2011. V. 4 (1). P. 182.
26. Gryczynska-Siemiatkowska A., Siedlecka A., Stanczak J., Barkowska M. Infestation of sand lizards (*Lacerta agilis*) resident in the Northeastern Poland by *Ixodes ricinus* (L.) ticks and their infection with *Borrelia burgdorferi sensu lato* // Acta Parasitol. 2007. V. 52. P. 165–170.
27. Guarino F.M., Di Gia I., Sindaco R. Age and growth of the sand lizards (*Lacerta agilis*) from a high Alpine population of north-western Italy // Acta Herpetologica. 2010. V. 5 (№ 1). P. 23–29.
28. Roitberg E.S., Smirina E.M. The relationship between body length and femur bone thickness in *Lacerta agilis boemica* and *L. strigata*. Implications for growth inferences from skeletochronological data // Russ. J. Herpetology. 2005. V. 12. P. 298–300.
29. Roitberg E.S., Smirina E.M. Age, body size and growth of *Lacerta agilis boemica* and *L. strigata*: a comparative study of two closely related lizard species based on skeletochronology // Herpetol. J. 2006. V. 16 (№ 2). P. 133–148.
30. Strijbosch H., Creemers R.C. Comparative demography of sympatric populations of *Lacerta vivipara* and *Lacerta agilis* // Oecologia. 1988. № 76. P. 20–26.
31. Tjisse-Klasen E., Fonville M., Reimerink J.H.J., Spitzen A., Sprong H. Role of sand lizards in the ecology of Lyme and other tick-borne diseases in the Netherland // Parasite Vectors. 2010. V. 3. P. 42.

REPRODUCTIVE AGE OF FEMALES  
AND VARIABILITY OF REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS  
OF THE SAND LIZARD (*LACERTA AGILIS* L., 1758)  
IN THE KUMA-MANYCH DEPRESSION:  
EXPERIENCE OF APPLICATION  
OF THE SKELETOCHRONOLOGICAL ANALYSIS

A.A. KIDOV<sup>1</sup>, E.G. KOVRINA<sup>1</sup>, A.L. TIMOSHINA<sup>1</sup>, I.Z. HAIRUTDINOV<sup>2</sup>,  
A.A. BAKSHEYEVA<sup>1</sup>, K.A. MATUSHKINA<sup>1</sup>, S.G. PYKHOV<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Russian Timiryazev State Agrarian University; <sup>2</sup> Kazan Federal University)

*The article contains some data on the age and reproductive characteristics of sand lizard females, *Lacerta agilis*, in Kuma-Manych Depression (the Stavropol Territory, the Russian Federation. It is noticed that females in studied population had come into reproductive phase after two years of life and they show reproductive ability up to the end of life (7 years). The largest number of pregnant females was registered at the age of 3–5 years. On average females of the senior age categories laid eggs earlier compared to younger animals. Distinctions in fertility, the sizes of eggs and newborn lizards of females from different age groups weren't noted. It is supposed that the most noticeable contribution to reproductive characteristics of the sand lizard is made not by the age but by other factors: the size of a female, climatic conditions, food availability.*

*Key words: sand lizard, *Lacerta agilis*, females, skeletochronology, reproductive age, reproductive size, reproductive biology, fertility.*

**Кидов Артем Александрович** — к. б. н., доц. кафедры зоологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-14-58; e-mail: kidov\_a@mail.ru).

**Коврина Екатерина Геннадьевна** — инженер-лаборант кафедры зоологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-14-58; e-mail: kovrina@list.ru).

**Тимошина Анна Леонидовна** — лаборант кафедры зоологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-14-58; e-mail: timoshina@ro.ru).

**Хайрутдинов Ильдар Зиннурович** — к. б. н., доц. кафедры зоологии и общей биологии КФУ (420000, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; тел. (843) 233-72-89; e-mail: ildar\_hairutd@mail.ru).

**Матушкина Ксения Андреевна** — зав. зоологическим музеем имени Н.М. Кулагина кафедры зоологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-14-58; e-mail: matushkinaka@gmail.com).

**Пыхов Сергей Геннадьевич** — ассистент кафедры зоологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-14-58; e-mail: bigrock@yandex.ru).

**Kidov Artem Aleksandrovich** — PhD in Biology, associate professor of the department of zoology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-14-58; e-mail: kidov\_a@mail.ru).

**Kovrina Ekaterina Gennadyevna** — lab technician of the department of zoology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-14-58; e-mail: kovrina@list.ru).

**Timoshina Anna Leonidovna** — laboratory assistant of the department of zoology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-14-58; e-mail: timoshina@ro.ru).

**Hairutdinov Ildar Zinnurovich** — PhD in Biology, associate professor of the department of zoology and general biology, Kazan Federal University (420000, Kazan, Kremlevskaya street, 18; tel. (843) 233-72-89; e-mail: ildar\_hairutd@mail.ru).

**Matushkina Kseniya Andreyevna** — Head of the Zoological Museum named after N.M. Kulagin of the department of zoology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-14-58; e-mail: matushkinaka@gmail.com).

**Pykhov Sergey Gennadyevich** — assistant of the department of zoology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-14-58; e-mail: bigrock@yandex.ru).

УДК 636.2.034:591.469:591.112:637.112.8

## ВЛИЯНИЕ ПОЛНОЦЕННОЙ ПРЕДДОИЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ВЫМЕНИ КОРОВ НА ЕГО КРОВΟΣНАБЖЕНИЕ И ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОКОВЫВЕДЕНИЯ

В.П. МЕЩЕРЯКОВ, Д.В. МЕЩЕРЯКОВ

(РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, Калужский филиал)

*С помощью показателей молоковыведения трудно оценить интенсивность сокращения альвеол при молокоотдаче. Для оценки функциональной активности альвеол ранее предложены показатели кровоснабжения вымени. На 5 коровах методом периодов изучено влияние полноценной преддоильной подготовки вымени на показатели молоковыведения и кровоснабжения вымени. В контроле перед началом доения проводили гигиеническую обработку вымени в течение 10 с (неполноценная подготовка). В опыте продолжительность преддоильной стимуляции составляла 40 с (полноценная подготовка). Регистрацию процесса молоковыведения осуществляли с помощью ковшовых счетчиков-датчиков. Объемную скорость кровотока в половине вымени оценивали методом электромагнитной флоуметрии.*

*Установлено, что полноценная преддоильная подготовка оказывает стимулирующее влияние на кровоснабжение вымени и параметры молоковыведения. Изменение показателей кровоснабжения вымени в ответ на полноценную преддоильную подготовку рассматривается как результат повышения функциональной активности альвеолярного комплекса. Показано, что усиление функциональной активности альвеол обусловлено повышением амплитуды сжатия альвеол и увеличением периода их функциональной активности. Установлено, что полноценная стимуляция вымени перед доением не влияет на длительность фазы сжатия альвеол и продолжительность перемещения альвеолярного молока в цистернальный отдел вымени. Предполагается, что активация альвеолярного комплекса в процессе преддоильной стимуляции вымени вызывает более интенсивное перемещение молока из альвеолярного отдела в цистернальный и обеспечивает более эффективное молоковыведение в начальный период доения.*

*Ключевые слова: коровы, кровоснабжение вымени, молоковыведение, стимуляция молокоотдачи.*

Известно, что осуществление рефлекса молокоотдачи начинается с раздражения тактильных рецепторов молочной железы. Однако наносимые на вымя доильным аппаратом стимулы не вызывают полноценной молокоотдачи [2, 3, 23, 26, 28]. Поэтому существует необходимость стимуляции рефлекса молокоотдачи перед началом машинного доения. Принято различать неполноценную и полноценную преддоильную подготовку [5]. Считается, что раздражение рецепторов вымени в течение 5–15 с при гигиенической обработке недостаточно для вызова полноценного рефлекса молокоотдачи [3, 4, 12]. Для проявления полноценного рефлекса молокоотдачи длительность стимуляции вымени должна составлять не менее 40 с [1, 3–5].



В некоторых работах [5, 14, 23, 30, 31] показано, что полноценная преддоильная подготовка приводит к увеличению суточного удоя у коров. Не установлено стимулирующее влияние полноценной преддоильной подготовки на величину удоя коров при доении на неавтоматизированных [19, 21, 25, 27, 28] и автоматизированных [15, 16, 17, 22] доильных установках.

Выявлено положительное влияние преддоильной стимуляции вымени на параметры молоковыведения у коров. В частности, показано, что преддоильная подготовка приводит к уменьшению продолжительности доения [2, 16, 23, 24, 26] и снижению величины дооя [8, 23, 31]. Проведение полноценной преддоильной подготовки вымени способствует увеличению максимальной [13, 19, 29] и средней интенсивности молоковыведения [2, 16, 23, 27, 28]. Полноценная преддоильная стимуляция вымени вызывает изменение динамики молоковыведения [13, 14, 23] и приводит к сокращению периода достижения максимальной интенсивности молоковыведения [8, 19, 28].

Были изучены механизмы стимулирующего влияния полноценной преддоильной подготовки вымени на рефлекс молокоотдачи. В работах [23, 25] преддоильная подготовка длительностью 60 с вызывала повышение концентрации окситоцина в крови у коров. В ряде исследований [14, 16, 19, 21, 22, 28] не установлено повышение средней концентрации окситоцина в крови коров за период доения в ответ на преддоильную стимуляцию. В то же время показан более высокий уровень окситоцина в крови в начале доения у коров, подвергнутых преддоильной стимуляции [16, 17, 21–23, 31]. В связи с этим было указано, что более интенсивное молоковыведение у предварительно стимулированных коров вызвано ускорением процессов выхода окситоцина из нейрогипофиза и молокоотдачи [5, 19, 22, 28].

Ранее установлено, что у коров полноценная преддоильная подготовка вымени приводит к усилению кровоснабжения вымени и снижению его сосудистого сопротивления [7]. Позднее показано, что изменение кровоснабжения вымени в процессе доения является следствием процессов сжатия и расширения альвеол при молокоотдаче [9]. Предложено параметры кровоснабжения вымени использовать для оценки изменения состояния альвеолярного комплекса при молокоотдаче [9, 10].

Целью исследования явилось изучение изменений параметров молоковыведения и кровоснабжения вымени коров в ответ на полноценную преддоильную стимуляцию вымени. При этом показатели кровоснабжения вымени были использованы в качестве критерия оценки функциональной активности альвеол.

#### **Методика исследования**

Эксперименты проведены на 5 коровах черно-пестрой породы в возрасте 2–5-й лактации в первую ее половину. Суточный удой составлял 10,6–13,8 кг. Опыты проведены методом периодов. В контроле перед началом доения проводили гигиеническую обработку вымени в течение 10 с (неполноценная подготовка). В опыте продолжительность преддоильной стимуляции составляла 40 с (полноценная подготовка).

Доение осуществляли аппаратом АДУ-1: уровень вакуума — 48 кПа, частота пульсации —  $67 \pm 5$  в минуту, соотношение тактов — 68:32. Доильные стаканы надевали сразу после окончания преддоильной подготовки вымени. Началом доения являлось надевание последнего доильного стакана. Машинное додаивание начинали при потоке молока 400 г/мин. Заканчивали доение, когда скорость потока молока составляла 200 г/мин.

Запись процесса молоковыведения осуществляли из каждой половины вымени с помощью ковшовых счетчиков-датчиков. Для характеристики динамики молоковыведения в половине вымени (в которой изучалось кровоснабжение) определяли количество выдоенного молока за 30-секундные интервалы времени. На кривой молоковыведения отмечались следующие точки: А — начало стимуляции вымени; Б — начало доения; В — выведение первых 100 г цистернального молока; Г — начало молокоотдачи; Д — достижение максимальной интенсивности молоковыведения; Е — начало додаивания; Ж — окончание доения. Определяли продолжительность периодов молоковыведения (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Характеристика периодов молоковыведения и кровоснабжения вымени**

| Период                       | Характеристика периода  |
|------------------------------|---|
| <i>Молоковыведения</i>       |   |
| БВ                           | Выведения первой порции цистернального молока   |
| БЖ                           | Доения (общая)  |
| БЕ                           | Машинного доения  |
| ЕЖ                           | Машинного додаивания  |
| БД                           | Достижения максимума молоковыведения  |
| ГД                           | Перемещения альвеолярного молока в цистернальный отдел  |
| <i>Кровоснабжения вымени</i> |   |
| АГ                           | От начала стимуляции вымени до момента резкого увеличения ОСК (латентный период молокоотдачи) |
| ГИ                           | Повышенного кровоснабжения вымени   |
| БГ                           | От начала доения до момента резкого увеличения ОСК  |
| БЗ                           | От начала доения до достижения максимальной ОСК   |
| ГЗ                           | От момента резкого увеличения ОСК до достижения ее максимума                                  |

Учитывали величину разового удоя, количество молока, полученного за периоды машинного доения и додаивания. Рассчитывали величины максимальной и средней интенсивности молоковыведения и показатель выдоенности за первые две минуты доения. В дополнение к известным параметрам молоковыведения определяли продолжительность перемещения альвеолярного молока в цистернальный отдел (ГД) как интервал между моментом резкого увеличения объемной скорости кровотока (ОСК, кривая кровоснабжения) и точкой достижения максимальной интенсивности молоковыведения (кривая молоковыведения) [9].

Количественную оценку кровоснабжения вымени проводили методом электромагнитной флоуметрии. Датчик ОСК хронического типа (Nihon Kohden, Япония) накладывали оперативным путем на одну из наружных срамных артерий вымени.

Значения ОСК регистрировали в периоды до доения, в процессе доения и после его окончания. Определяли среднее значение ОСК за трехминутный период, предшествующий преддоильной подготовке (исходный). За период доения определяли среднюю и максимальную ОСК, а также их увеличение относительно исходного уровня. Для характеристики динамики кровоснабжения половины вымени определяли увеличение ОСК за 30-секундные интервалы от начала доения по сравнению с исходным уровнем. На кривой ОСК отмечали следующие точки: Г — момент резкого возрастания ОСК; З — момент достижения максимальных значений ОСК; И — окончание периода повышенного кровоснабжения вымени. Определяли величины периодов изменения кровоснабжения вымени (табл. 1). Для количественной оценки дополнительного объема крови, поступающего к вымени в процессе молокоотдачи, рассчитывали величину прироста кровоснабжения половины вымени за период повышенных значений ОСК [11].

По величине показателей кровоснабжения вымени оценивали следующие параметры изменения функционального состояния альвеол: начало активного сжатия альвеол и окончание фазы их расширения, продолжительность периода повышенной функциональной активности альвеол, длительность фаз сжатия и расширения, амплитуда изменения состояния альвеолярного комплекса [9, 10]. Началом молокоотдачи являлся момент резкого возрастания ОСК. Величину периода от начала сжатия альвеол до окончания процесса их расширения оценивали по продолжительности периода повышенного кровоснабжения вымени. Продолжительность фазы сжатия альвеол определяли по длительности периода от начала резкого увеличения ОСК до достижения ее максимума. Длительность фазы последующего расширения альвеол определяли по продолжительности интервала от момента достижения максимального значения ОСК до окончания периода повышенного кровоснабжения вымени. Амплитуду сокращения альвеол определяли по показателям прироста ОСК относительно исходного уровня. Максимальная амплитуда сокращения альвеол соответствовала показателю максимального увеличения ОСК.

Данные обрабатывали по Г.Ф. Лакину [6], используя программу Microsoft Excel. Достоверность различий оценивали, используя t-критерий Стьюдента.

### Результаты и их обсуждение

Полноценная преддоильная подготовка вымени вызвала изменение показателей молоковыведения (табл. 2).

В опыте установлено уменьшение продолжительности периодов доения, машинного додаивания, достижения максимальной интенсивности молоковыведения. Полноценная преддоильная стимуляция вымени способствовала увеличению средней интенсивности молоковыведения и уменьшению количества молока машинного дооя. В опыте отмечена тенденция увеличения разового удоя, количества молока машинного удоя, показателя выдоенности за первые 2 мин. доения. Не установлено влияние преддоильной стимуляции вымени на продолжительность перемещения альвеолярного молока в цистернальный отдел (ГД).

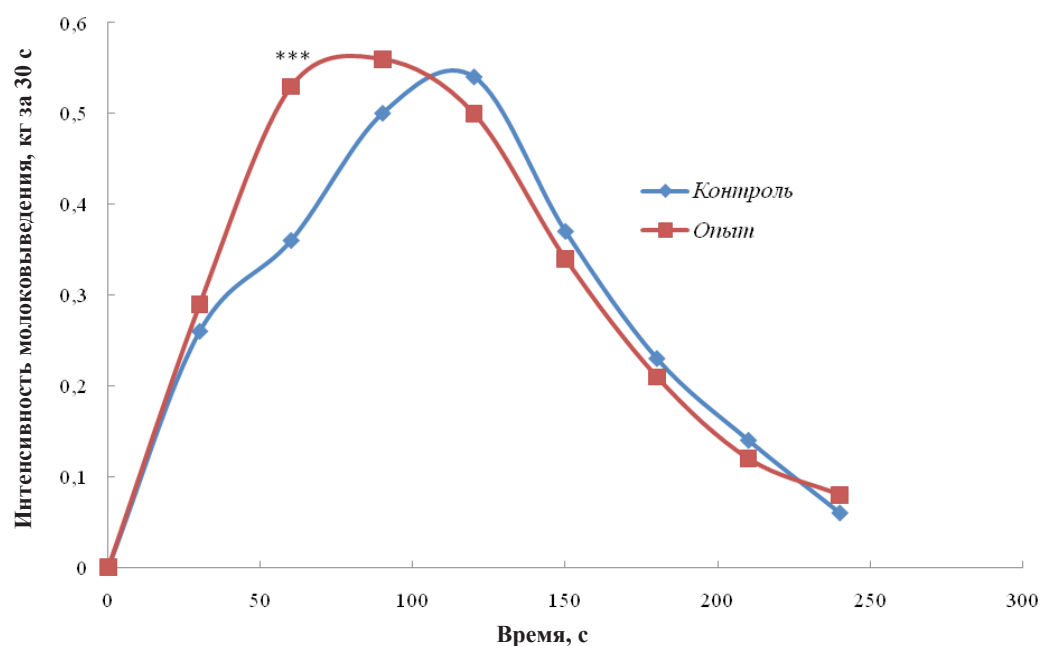
Полноценная преддоильная подготовка вымени способствовала более интенсивному молоковыведению в первые 1,5 мин. доения (рис. 1).

В период 31–60 с количество выдоенного молока в опыте было выше ( $P < 0,001$ ), чем в контроле. Максимальное количество молока ( $0,54 \pm 0,02$  кг) в контроле получено в период 91–120 с от начала доения. В опыте максимальное

**Влияние полноценной преддоильной подготовки вымени на параметры молоковыведения ( $M \pm m$ )**

| Показатели                               |              | Контроль    | Опыт           |
|--|--------------|-------------|----------------|
| Разовый удой, кг                         |              | 5,81 ± 0,10 | 5,91 ± 0,13    |
| Машинный удой, кг                        |              | 5,14 ± 0,10 | 5,37 ± 0,12    |
| Машинный додой, кг                       |              | 0,67 ± 0,03 | 0,52 ± 0,03*** |
| Выдоенность за первые 2 минуты доения, % |              | 57,2 ± 1,67 | 62,0 ± 1,81    |
| Интенсивность молоковыведения, кг/мин.   | максимальная | 2,10 ± 0,05 | 2,10 ± 0,07    |
|  | средняя      | 1,14 ± 0,03 | 1,26 ± 0,04*   |
| Продолжительность периода, с             | БВ           | 14,0 ± 0,69 | 13,2 ± 0,66    |
|  | БЖ           | 302,7 ± 5,2 | 286,3 ± 6,1*   |
|  | БЕ           | 217,9 ± 4,8 | 216,8 ± 6,4    |
|  | ЕЖ           | 84,8 ± 3,4  | 69,5 ± 2,3***  |
|  | БД           | 88,6 ± 3,6  | 71,2 ± 4,3**   |
|  | ГД           | 28,3 ± 3,2  | 28,7 ± 2,8     |

Примечание. Здесь и в таблице 3: \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ .



**Рис. 1.** Влияние полноценной преддоильной подготовки вымени на динамику молоковыведения: 0 — начало доения

количество молока ( $0,56 \pm 0,03$ ) получено в период 61–90 с. У двух коров при неполноценной подготовке вымени в 70% случаев была зарегистрирована двухвершинная кривая молоковыведения. Применение полноценной преддоильной стимуляции вымени обусловило появление одновершинной кривой молоковыведения.

Результаты свидетельствуют о том, что полноценная преддоильная подготовка вымени, вызывая более интенсивное молоковыведение в первые 1,5 мин. доения, оказывает стимулирующее влияние на основные параметры молоковыведения.

Полученные нами данные согласуются с результатами исследований, в которых полноценная преддоильная подготовка вымени вызывала у коров уменьшение продолжительности доения [2, 14, 23, 24, 27, 28, 30], увеличение средней интенсивности молоковыведения [2, 16, 19, 24, 27] и сокращение периода достижения максимальной интенсивности молоковыведения [5, 13, 14, 19, 23]. В то же время в отличие от ранее полученных результатов [13, 14, 19, 23, 28, 29, 30] нами не установлено стимулирующее влияние полноценной преддоильной подготовки вымени на величину максимальной интенсивности молоковыведения.

В контроле и опыте значения ОСК в вымени за трехминутный интервал, предшествующий доению, не различались (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

**Влияние полноценной подготовки вымени на показатели его кровоснабжения ( $M \pm m$ )**

| Показатели                                   |              | Контроль        | Опыт                  |
|--|--------------|-----------------|-----------------------|
| ОСК исходная, л/мин.                         |              | $2,58 \pm 0,09$ | $2,57 \pm 0,10$       |
| Прирост кровоснабжения вымени, л             |              | $4,0 \pm 0,34$  | $5,71 \pm 0,43^{**}$  |
| ОСК за период доения, л/мин.                 | максимальная | $4,19 \pm 0,07$ | $4,50 \pm 0,10^*$     |
|  | средняя      | $3,37 \pm 0,06$ | $3,64 \pm 0,08^{**}$  |
| Увеличение ОСК относительно исходной, л/мин. | максимальное | $1,60 \pm 0,10$ | $1,93 \pm 0,13^*$     |
|  | среднее      | $0,79 \pm 0,06$ | $1,07 \pm 0,09^*$     |
| Продолжительность периода, с                 | ГИ           | $268,2 \pm 8,4$ | $338,8 \pm 7,7^{***}$ |
|  | БГ           | $73,6 \pm 2,5$  | $44,1 \pm 2,9^{***}$  |
|  | БЗ           | $158,9 \pm 3,7$ | $135,5 \pm 3,7^{***}$ |
|  | ГЗ           | $85,6 \pm 2,8$  | $92,1 \pm 2,8$        |
|  | АГ           | $100,5 \pm 6,4$ | $96,6 \pm 2,8$        |

Однако полноценная преддоильная подготовка вымени оказала существенное влияние на показатели кровоснабжения вымени в процессе доения. В опыте резкое увеличение ОСК в вымени отмечено уже через  $44,1 \pm 2,9$  с от начала доения. Полноценная преддоильная подготовка вымени по сравнению с контролем вызвала усиление кровоснабжения вымени и привела к увеличению продолжительности периода его повышенного кровоснабжения. Полноценная преддоильная стимуляция вымени способствовала увеличению показателей средней и максимальной ОСК за период доения. В опыте установлено сокращение интервала от начала доения до достиже-

ния максимального значения ОСК в вымени. Проведение полноценной преддоильной подготовки вымени не оказало влияние на продолжительность периодов от начала стимуляции вымени до момента резкого увеличения ОСК в вымени (АГ) и от момента резкого увеличения ОСК до достижения ее максимума (ГЗ).

Увеличение в опыте продолжительности периода повышенного кровоснабжения вымени и уровня его прироста обусловило изменение динамики кровоснабжения вымени (рис. 2).

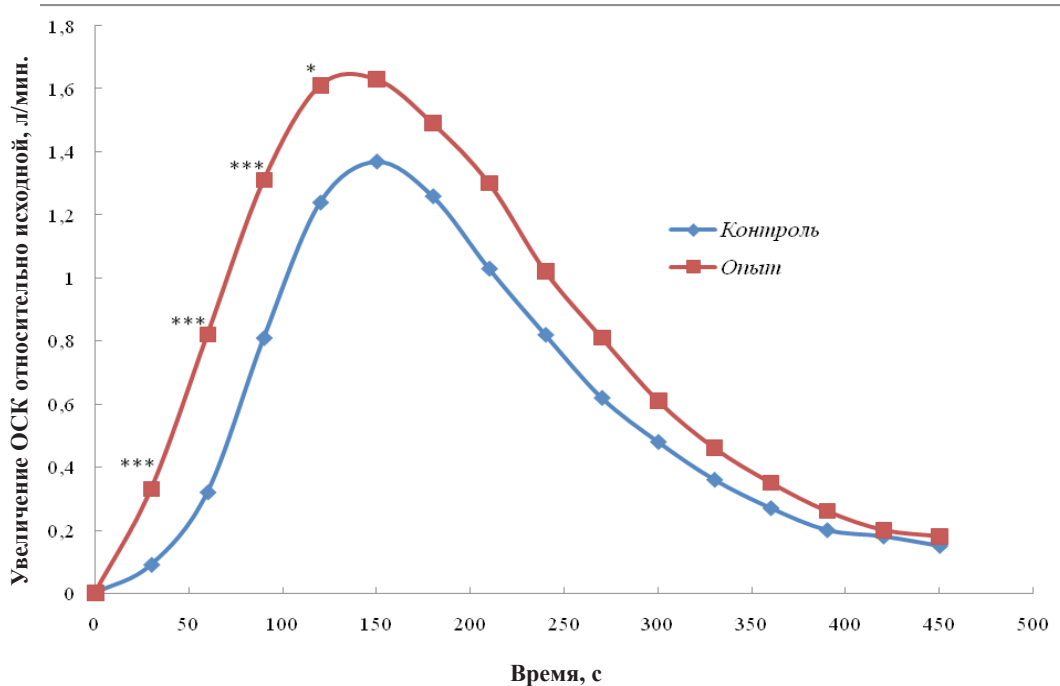


Рис. 2. Время полноценной преддоильной подготовки на динамику кровоснабжения вымени: 0 — начало доения

В опыте показатели прироста ОСК по сравнению с исходным уровнем в течение первых 2-х минут, а также на 210-й и 270-й с доения были выше ( $P < 0,05$ ), чем в контроле.

Величины ОСК в вымени до начала доения в контроле соответствуют показателям, установленным ранее нами [11] и другими исследователями [18, 20]. Изменение показателей кровоснабжения вымени в течение доения в контроле находится в пределах, показанных ранее [11]. Показатели кровоснабжения вымени в опыте были близки величинам, полученным в работе [18], в которой машинное доение проводилось после ручной стимуляции вымени в течение 30 с и последующей 30-секундной задержки до надевания стаканов. Авторы показали, что повышение ОСК в вымени отмечено через 42 с, а достижение максимального значения ОСК — через 126 с от начала доения.

Используя показатели кровоснабжения вымени для оценки интенсивности изменения функционального состояния миоэпителия и альвеолярного комплекса при



молокоотдаче, можно констатировать следующее. В контроле сокращение миоэпителия и сжатие альвеол начались после латентного периода, длительность которого составила  $100,5 \pm 6,4$  с. Период изменения функционального состояния альвеолярного комплекса состоял из 2-х фаз: сжатия и расширения альвеол. Продолжительность периода повышенного функционального состояния альвеол составила  $268,2 \pm 8,4$  с. Фаза сжатия альвеол до своего максимума длилась  $85,6 \pm 2,8$  с. Длительность фазы расширения альвеол в контроле составила ( $268,2-85,6$ ) с. Амплитуда сжатия альвеол в период доения составила: средняя — 0,79 и максимальная — 1,6 усл. ед. Величина прироста кровоснабжения вымени в процессе молокоотдачи в контроле составила  $4,0 \pm 0,34$  л (100%).

Считается, что средняя и максимальная интенсивность молоковыведения является одним из основных показателей, характеризующих интенсивность молокоотдачи [3, 5]. Нами [11] установлены высокие коэффициенты корреляции ( $r = 0,88-0,95$ ) между величиной прироста кровоснабжения вымени и показателями средней и максимальной интенсивности молоковыведения у коров. Указанный факт свидетельствует о том, что по величине прироста кровоснабжения вымени в период доения можно характеризовать интенсивность молокоотдачи. Величина прироста кровоснабжения вымени зависит от продолжительности периода повышенного кровоснабжения и амплитуды изменения ОСК в вымени. Поэтому по сравнению с другими параметрами кровоснабжения вымени прирост кровоснабжения вымени является более универсальным показателем, характеризующим интенсивность молокоотдачи.

В опыте молокоотдача началась после латентного периода, продолжительностью  $96,6 \pm 2,8$  с. Несмотря на то, что полноценная преддоильная подготовка вымени не привела к достоверному уменьшению латентного периода молокоотдачи, она способствовала сокращению периода от начала доения до наступления молокоотдачи. Длительность периода от начала сжатия альвеол до окончания их расширения в опыте увеличилась по сравнению с контролем и составила  $338,8 \pm 7,7$  с. При этом продолжительность фазы сжатия альвеол по сравнению с контролем не изменилась и составила  $92,1 \pm 2,8$  с. Длительность фазы расширения альвеол в опыте составила ( $338,8-92,1$ ) с. Увеличение периода повышенной функциональной активности альвеол в ответ на полноценную подготовку вымени произошло за счет удлинения фазы расширения альвеол. В опыте амплитуда сжатия альвеол за период доения увеличилась по сравнению с контролем на 0,28 (средняя) и 0,33 (максимальная) усл. ед. Величина прироста кровоснабжения вымени, являющаяся интегральным показателем изменения функционального состояния альвеол, в ответ на полноценную преддоильную стимуляцию увеличилась на 42,8% по сравнению с контролем.

Представленные данные свидетельствуют о том, что полноценная преддоильная стимуляция вымени вызывает более интенсивное сокращение альвеолярного комплекса. Интенсификация процесса сокращения альвеол заключается в увеличении периода их повышенной функциональной активности и повышении амплитуды сжатия альвеол. Увеличение амплитуды сжатия альвеол, вероятно, обусловлено усилением процесса сокращения миоэпителия. В то же время полноценная преддоильная стимуляция вымени не оказывает влияние на длительность фазы сжатия альвеол и продолжительность перемещения молока из альвеолярного отдела в цистернальный.

Регуляция активности миоэпителия и степени сжатия альвеол при молокоотдаче осуществляется гормоном окситоцином. Усиление функциональной активности альвеолярного комплекса в ответ на полноценную преддоильную подготовку вымени свидетельствует об активации гормонального компонента рефлекса молокоотдачи.

Активация альвеолярного комплекса в процессе преддоильной стимуляции вымени обеспечивает более интенсивное перемещение альвеолярного молока в цистернальный отдел вымени. Более эффективный процесс молоковыведения в начальный период доения после полноценной стимуляции вымени обусловлен ускорением молокоотдачи относительно начала доения и повышением интенсивности перемещения альвеолярного молока в цистернальный отдел.

### Выводы

1. Полноценная преддоильная стимуляция вымени оказывает стимулирующее влияние на параметры молоковыведения, обеспечивая более интенсивное молоковыведение в начальный период доения.
2. Усиление кровоснабжения вымени в ответ на полноценную преддоильную подготовку обусловлено повышением амплитуды сжатия альвеол и увеличением периода их функциональной активности.
3. Полноценная стимуляция вымени перед доением не влияет на длительность фазы сжатия альвеол и продолжительность перемещения альвеолярного молока в цистернальный отдел вымени.
4. Активация альвеолярного комплекса в процессе полноценной преддоильной подготовки вымени обеспечивает более интенсивное перемещение альвеолярного молока в цистернальный отдел вымени.
5. Повышение эффективности молоковыведения после полноценной преддоильной подготовки вымени вызвана ускорением молокоотдачи относительно начала доения и повышением интенсивности перемещения молока из альвеолярного в цистернальный отделы.
6. Величину прироста кровоснабжения вымени за период повышенных значений ОСК можно использовать в качестве критерия интенсивности молокоотдачи.

### Библиографический список

1. *Аверкиев А.А.* Оптимальный режим стимуляции рефлекса молокоотдачи у коров // Техника в сельском хозяйстве. 1995. № 4. С. 18–19.
2. *Вальдман Э.К.* Физиология машинного доения коров. Л.: Колос, 1977. С. 107.
3. *Кокорина Э.П.* Проблема стимуляции рефлекса молокоотдачи при машинном доении коров // Сельскохозяйственная биология. 1979. Т. XIV. № 3. С. 372–380.
4. *Кокорина Э.П.* Рефлекс молокоотдачи и физиологические основы машинного доения // Сельскохозяйственная биология. 1983. № 3. С. 10–16.
5. *Кокорина Э.П.* Условные рефлексы и продуктивность коров. М.: Агропромиздат, 1986.
6. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М., 1980.
7. *Мещеряков В.П.* Влияние преддоильной подготовки на кровообращение в вымени коровы // Бюллетень ВНИИФБиП с.-х. животных. 1988. Вып. 3(91). С. 6–10.
8. *Мещеряков В.П.* Динамика молоковыведения у коров в зависимости от преддоильной подготовки вымени // Известия ТСХА. 2005. Вып. 1. С. 110–115.
9. *Мещеряков В.П.* Кровоснабжение вымени у медленно выдаиваемых коров при выведении цистернальной и альвеолярной фракций молока // Известия ТСХА. 2013. Вып. 3. С. 89–101.
10. *Мещеряков В.П.* Кровоснабжение вымени коров в зависимости от индивидуальной интенсивности молокоотдачи // Известия ТСХА. 2013б. Вып. 5. С. 115–124.
11. *Мещеряков В.П., Шевелев Н.С.* Оценка усиления кровоснабжения вымени коровы при доении // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 6. С. 122–126.

12. Сударев Н.П. Результативность стимуляции рефлекса молокоотдачи при машинном доении коров // Зоотехния. 2005. № 8. С. 18–19.
13. Arpe I., Worstorff H. Zum Milchabgabeverhalten von Braunviehkuhen in der post partum-Phase nach 60 s manueller bzw. Unterlassener Vorstimulation // Milchwissenschaft. 1996. Vol. 51. № 7. P. 363–366.
14. Bruckmaier R.M., Blum J.W. Simultaneous recording of oxytocin release, milk ejection and milk flow during milking of dairy cows with and without prestimulation // J. of Dairy Research. 1996. Vol. 63. № 2. P. 201–208.
15. Davis K.L., Fulkerton W.I., Garsia S.C., Dickeson D., Barchia I.M. Premilking teat preparation for Australian pasture-based cows milked by an automated milking // J. of Dairy Science. 2008. Vol. 91. № 7. P. 2604–2609.
16. Dzidic A., Macuhova J., Bruckmaier R.M. Effects of cleaning duration and water temperature on oxytocin release and milk removal in an automatic milking system // J. of Dairy Science. 2004. Vol. 87. № 12. P. 4163–4169.
17. Dzidic A., Weiss D., Bruckmaier R.M. Oxytocin release, milk ejection and milking characteristics in a single stall automatic milking system // Livestock Production Science. 2004. Vol. 86. P. 61–68.
18. Gorewit R.C., Aromando M.C., Bristol D.G. Measuring bovine mammary gland blood flow using a transit time ultrasonic flow probe // J of Dairy Science. 1989. Vol. 72. № 7. P. 1918–1928.
19. Gorewit R.C., Gassman K.B. Effect of duration of udder stimulation on milking dynamics and oxytocin release // J. of Dairy Science. 1985. Vol. 68. № 7. P. 1813–1818.
20. Gorewit R.C., Scott N.R. Cardiovascular responses of cow given electrical current during milking // J of Dairy Science. 1986. Vol. 69. P. 1122–1127.
21. Kaskous S., Bruckmaier R.M. Best combination of pre-stimulation and latency period duration before cluster attachment for efficient oxytocin release and milk ejection in cows with low to high udder –filling levels // J. of Dairy Research. 2011. Vol. 78. № 1. P. 97–104.
22. Macuhova J., Tancin V., Bruckmaier R.M. Oxytocin release, milk ejection and milk removal in a multi-box automatic milking system // Livestock Production Science. 2003. Vol. 81. P. 139–147.
23. Mayer H., Schams D., Worstorff H., Prokopp A. Secretion of oxytocin and milk removal as affected by milking cows with and without manual stimulation // J. of Endocrinology. 1984. Vol. 103. P. 355–361.
24. Merril W.G., Sagi R., Petersson L.G. Effects of premilking stimulation on complete lactation milk yield and milking performance // J. of Dairy Science. 1987. Vol. 70. № 8. P. 1676–1684.
25. Momongan V.G., Schmidt G.H. Oxytocin levels in the plasma of Holstein-friesian cows during milking with and without a premilking stimulus // J. of Dairy Science. 1970. Vol. 53. № 6. P. 747–751.
26. Phillips D.S.M. Studies on pre-milking preparation. 3. Comparison of 2 preparation procedures // New Zealand J. of Agricultural Research. 1984. Vol. 27. № 3. P. 337–340.
27. Rasmussen M.D., Frimer E.S., Galton D.M., Petersson L.G. The influence of premilking teat preparation and attachment delay on milk yield and milking performance // J. of Dairy Science. 1992. Vol. 75. P. 2131–2141.
28. Sagi R., Gorewit R. C., Merril W.G., Wilson D.B. Premilking stimulation effects on milking performance and oxytocin and prolactin release in cows // J. of Dairy Science. 1980. Vol. 63. № 5. P. 800–806.
29. Salamon D., Matokovic I., Batinic V., Dzidic A. The effect of prestimulation on milking characteristics in Simmental, Holstein-Friesian and Brown swiss cow breed // Agriculturae Conspets Scientificus. 2011. Vol. 76. № 4. P. 317–320.
30. Tancin V., Uhrincat M., Macuhova L., Bruckmaier R.M. Effects of pre-stimulation on milk flow pattern and distribution of milk constituents at a quarter level // Czech. Anim. Sci. 2007. Vol. 52. № 5. P. 117–121.
31. Worstorff H., Schams D., Prediger A., Auernhammer H. Zur bedeutung der stimulation beim melken // Milchwissenschaft. 1980. Vol. 35. № 3. P. 141–144.

# EFFECT OF FULL PREPARATION OF COW UDDER PRIOR TO MILKING ON THE MAMMARY BLOOD SUPPLY AND INDICATORS OF MILK REMOVAL

V.P. MESCHERYAKOV, D.V. MESCHERYAKOV

(Russian Timiryazev State Agrarian University, Affiliate in Kaluga city)

*Using indicators of milk removal it is difficult to assess the intensity of alveolar contraction during milk ejection. Earlier for estimation of alveolus functional activity some indicators of blood supply to the udder have been suggested. Five cows were chosen for the experiment performed by period control method to study the effect of full preparation of the udder before milking on indicators of milk removal and udder blood supply. During the control period before milking hygienic cleaning of the udder for 10 seconds (incomplete preparation) was conducted. In the experiment the duration of stimulation procedure before milking was 40 seconds (full preparation). The process of milk removal and milk flow was controlled by means of bucket counter sensors. Volumetric blood flow in a half of udder was measured with the help of electromagnetic flowmetry.*

*It was revealed that full preparation of the udder before milking has a stimulating effect on udder blood supply and indicators of milk removal. These changes of udder blood supply indicators in response to full preparation of the udder before milking is considered to be the result of the increase in functional activity of alveolar complex. It was shown that amplification of functional alveoli activity is due to the increase of the amplitude of alveolus contraction and elongation of its functional activity period. It was proved that full stimulation of the udder before milking doesn't affect the duration of alveolus contraction and duration of alveolar milk movement into cisternal compartment of the udder. It is assumed that activation of alveolar complex when the udder is stimulated before milking causes more intense movement of milk from alveolar compartment into cisternal one and provides more efficient milk removal during the initial period of milking.*

*Key words: cows, mammary blood supply, milk removal, stimulation of milk ejection.*

**Мещеряков Виктор Петрович** — к. б. н., КФ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (248007, г. Калуга, ул. Вишневого, 27; тел. (4842) 72-50-22; e-mail: kf msxa@kaluga.ru).

**Мещеряков Дмитрий Викторович** — студ. КФ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (248007, г. Калуга, ул. Вишневого, 27; тел. (4842) 72-50-22; e-mail: kf msxa@kaluga.ru).

**Mescheryakov Viktor Petrovich** — PhD in Biology, Russian Timiryazev State Agrarian University, Affiliate in Kaluga city (248007, Kaluga, Vishnevskogo street, 27; tel. (4842) 72-50-22; e-mail: kf msxa@kaluga.ru).

**Mescheryakov Dmitriy Viktorovich** — student, Russian Timiryazev State Agrarian University, Affiliate in Kaluga city (248007, Kaluga, Vishnevskogo street, 27; tel. (4842) 72-50-22; e-mail: kf msxa@kaluga.ru).

УДК 631.362.36

### СВЧ-УСТАНОВКА ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ЗЕРНА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

А.А. БЕЛОВ<sup>2</sup>, В.Ф. СТОРЧЕВОЙ<sup>4</sup>, М.В. БЕЛОВА<sup>1</sup>, А.Н. КОРОБКОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Казанский государственный аграрный университет;

<sup>2</sup> Московский автомобильно-дорожный государственный  
технический университет (Волжский филиал);

<sup>3</sup> Нижегородский государственный инженерно-экономический институт;

<sup>4</sup> РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*В статье представлено описание сверхвысокочастотной (СВЧ) установки для обеззараживания зерна и зернопродуктов в поточном режиме. Она содержит цилиндрический неподвижный экранирующий корпус с приемным и выпускным патрубками, СВЧ-генераторные блоки. Внутри корпуса расположен ротор в виде двух плоских горизонтальных дисков, между которыми закреплены нижние части цилиндрических резонаторных камер, выполненных в виде вертикально расположенных беличьих клеток, собранных из втулок из неферромагнитного материала с зазором менее, чем четверть длины волны. В промежутке между верхним фторопластовым диском и крышкой экранирующего корпуса расположены верхние части резонаторных камер, выполненных в виде шаровых сегментов, внутрь которых направлены излучатели СВЧ-генераторов.*

*Ключевые слова: обеззараживание, энтолейтор, электромагнитное поле, сверхвысокая частота, ротор, объемный резонатор, зерно и продукты его переработки.*

Известно, что обеззараживание зерна и продуктов его переработки производится в машинах ударного действия — энтолейторах. Такая технология обеззараживания обеспечивает уничтожение живых вредителей всего до 75–85% и 60–70% скрытой зараженности. Содержание битых зерен при этом увеличивается на 1–3% [1]. Поэтому разработка и проектирование новых технических средств и способов реализации процесса обеззараживания зерна и продуктов его переработки, позволяющих снизить энергетические затраты и улучшить качество продукта, актуальны.

Использование энергии электромагнитных излучений для этих целей ограничено из-за сложности обеспечения поточности технологического процесса. Существующие рабочие камеры сверхвысокочастотных установок позволяют транспортировать сырье через объемный резонатор в случае содержания запредельных волноводов или специальных шлюзов, ограничивающих мощность потока излучений.



Все эти дополнительные узлы сложны по конструкции, а также возникают трудности при настройке электродинамической системы «СВЧ-генератор — объемный резонатор — нагрузка» на необходимую частоту. Поэтому для обеспечения поточности технологического процесса разработка СВЧ-установки для обеззараживания зерна и продуктов его переработки с передвижными объемными резонаторами и запердельными волноводами, позволяющими снизить мощность потока излучений через приемные и выпускные патрубки, актуальна.

### **Методика исследований**

Разработка и проектирование СВЧ-установки для обеззараживания зерна и продуктов его переработки заключается в решении комплекса взаимосвязанных задач. Это анализ физико-механических и диэлектрических свойств продукта, выбор метода энергоподвода и обоснование эффективных режимов воздействия электромагнитного поля СВЧ, расчеты теплообмена, конструктивное оформление установки с оснащением их контрольно-измерительной аппаратурой и системами автоматического регулирования и управления.

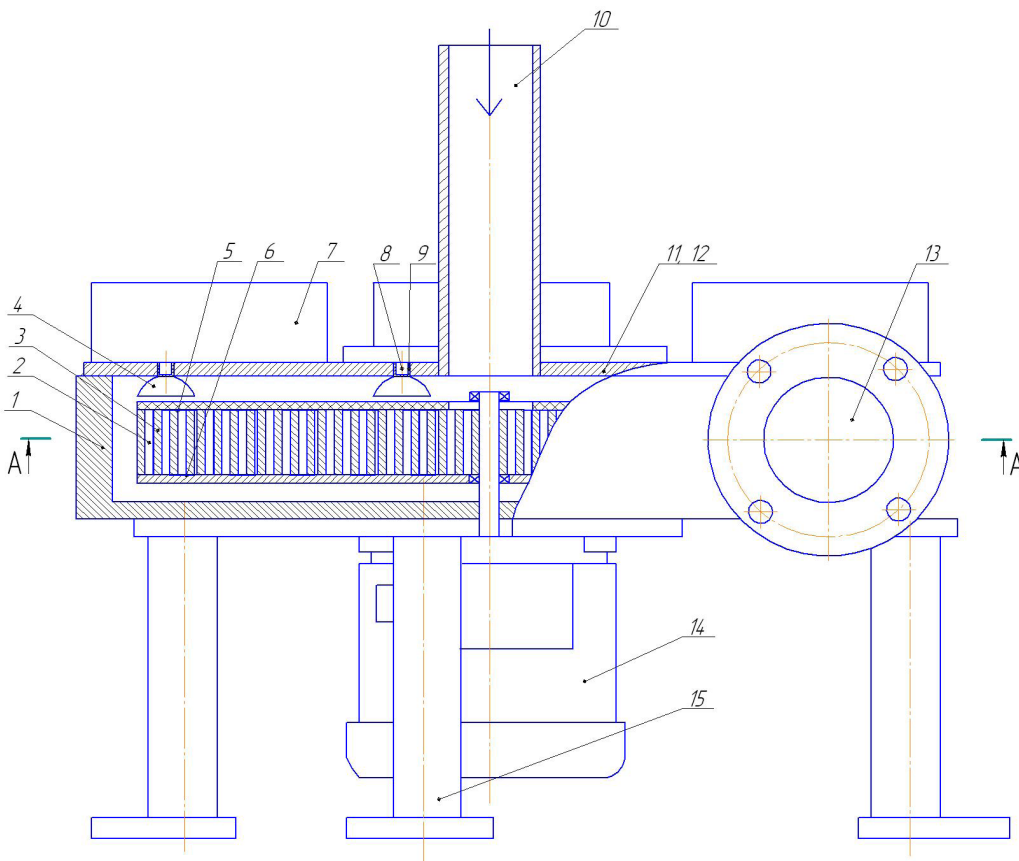
Математическое моделирование процесса воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) на зерно и продукты его переработки включает в себя следующие этапы: формулировка физической модели процесса с учетом взаимодействия двух физических факторов — таких, как многократное ударное действие и эндогенный нагрев; математическое описание и составление алгоритма согласования параметров и режимов работы СВЧ-установки; решение целевой задачи и проверка адекватности полученного решения физической модели, описывающей процесс комплексного воздействия ЭМП СВЧ и многократного удара. Далее следует обосновать механизм процесса обеззараживания продукта, выбрать эффективный режим процесса и спроектировать установку соответствующей производительности, обладающей высокими технико-экономическими показателями.

### **Результаты и их обсуждение**

Анализ технологий и технических средств для обеззараживания зерна и продуктов его переработки с использованием электрофизических способов показывает, что распространены технологии с использованием инфракрасных излучений (ИК) (микронизатор), энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) [2–4], но при этом достаточно большие энергозатраты. Например, имеется малогабаритная СВЧ-установка для тепловой обработки зерновых культур «Микронизатор-1» производительностью 200 кг/ч, при этом удельные энергетические затраты составляют 120–140 кВт/т.

Остаются малоисследованными объемные резонаторы, в которых энергия СВЧ-электромагнитных колебаний подается к сырью в поточном режиме, тогда как передвижные резонаторные камеры весьма перспективны. В связи с этим предлагается СВЧ-установка с передвижными резонаторными камерами, где обеззараживание зерна и зернопродуктов обеспечивается в поточном режиме за счет многократного ударного воздействия, интенсивного трения между зерновками, находящимися в электромагнитном поле сверхвысокой частоты, что позволяет интенсифицировать технологический процесс, улучшить качество продукта при сниженных энергетических затратах.

Схематическое изображение СВЧ-установки для обеззараживания зерна и продуктов его переработки представлено на рисунке 1.



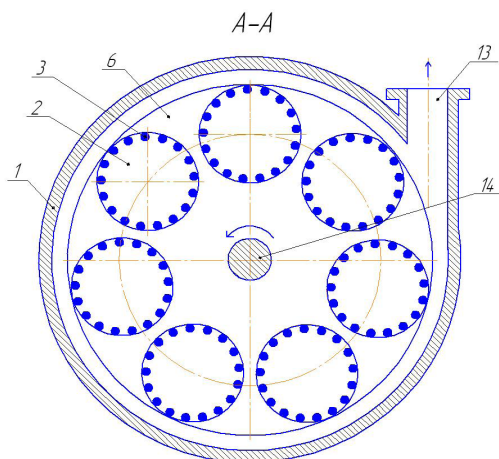
**Рис. 1.** СВЧ установка для обеззараживания зерна и продуктов его переработки: 1 — экранирующий корпус; 2 — нижние (передвижные) части резонаторной камеры; 3 — втулки из неферромагнитного материала; 4 — верхние (стационарные) части резонаторной камеры; 5 — диэлектрический диск; 6 — диск из неферромагнитного материала; 7 — СВЧ-генераторные блоки; 8 — излучатель внутри диэлектрической втулки 9; 10 — приемный патрубок; 11 — крышка экранирующего корпуса с смотровым окном 12; 13 — выпускной патрубок; 14 — электродвигатель; 15 — монтажная стойка

На монтажную стойку 15 установлен цилиндрический неподвижный экранирующий корпус 1. Верхнее основание выполнено в виде крышки 11. Она содержит смотровое окно 12, и по центральной оси крышки имеется отверстие для монтажа приемного патрубка 10. На боковой поверхности экранирующего корпуса установлен выпускной патрубок 13. Оба патрубка выполнены из неферромагнитного материала цилиндрической формы. Диаметр и длина патрубков 10, 13 согласованы с длиной волны СВЧ-диапазона с целью ограничения излучения. Поэтому приемный и выпускные патрубки выполняют функции заградительных волноводов. Приемный патрубок 10 расположен над отверстием в крышке 11 корпуса и верхнем диэлектри-

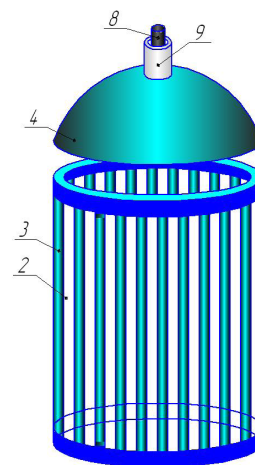


ческом диске 5 по центральной оси. На верхнем основании цилиндрического экранирующего корпуса 1 расположены несколько СВЧ-генераторных блоков 7 так, что их излучатели направлены во внутрь корпуса 1.

Внутри корпуса 1 расположен ротор, выполненный в виде двух плоских горизонтальных дисков 5, 6, между которыми по концентрической окружности жестко закреплены нижние части цилиндрических резонаторных камер (передвижные части) 2 (рис. 2). Передвижные резонаторные камеры 2 выполнены в виде беличьих клеток (рис. 3) и установлены в вертикальной плоскости. Они собраны из алюминиевых втулок 3, так что зазор между втулками меньше, чем четверть длины волны сверхвысокочастотного диапазона (например, при частоте 2450 МГц длина волны составляет 12,24 см, следовательно, зазор между втулками — менее 3,08 см).



**Рис. 2.** СВЧ-установки для обеззараживания зерна и продуктов его переработки (вид сверху в разрезе): 1 — экранирующий корпус; 2 — нижние (передвижные) части резонаторной камеры; 3 — втулки из неферромагнитного материала; 6 — диск из неферромагнитного материала; 7 — СВЧ-генераторные блоки; 13 — выпускной патрубок; 14 — электродвигатель



**Рис. 3.** Беличья клетка (нижняя часть резонаторной камеры, т.е. передвижная часть) и стационарная часть резонаторной камеры: 2 — нижняя (передвижная) часть резонаторной камеры; 3 — втулки из неферромагнитного материала; 4 — верхняя (стационарная) часть резонаторной камеры; 8 — излучатель внутри диэлектрической втулки 9

Нижний диск 6 выполнен из неферромагнитного материала, а верхний диск 5 — из фторопласта, который содержит по центральной оси отверстие для подачи зерна в рабочую камеру (в ротор). В промежутке между верхним фторопластовым диском 5 и крышкой 11 экранирующего корпуса 1 по концентрической окружности расположены верхние части резонаторных камер 4 (стационарные части). Они выполнены в виде шаровых сегментов (рис. 3) и содержат по центральной оси, диэлектрические втулки 9. Эти втулки исключают коронирование между излучателем и поверхностью крышки 11 экранирующего корпуса 1. Во внутрь диэлектрических втулок 9 направлены соответствующие излучатели от СВЧ-генераторных блоков 7.

Диаметр шаровых (сферических) сегментов совпадает с диаметром нижних частей цилиндрических резонаторных камер. Количество СВЧ-генераторных блоков 7 влияет на производительность установки, их количество отличается от количества нижних частей резонаторных камер 2.

При этом ротор (2, 5, 6) приводится в движение от электродвигателя 14. Смотровое окно 12 выполнено из неферромагнитной мелкоячеистой сетки, покрытой термостойким стеклом, защищающим от утечки токов СВЧ.

*Рабочий процесс в установке происходит следующим образом.* Включают электродвигатель 14 для привода ротора 2, 5, 6. Исходное сырье через приемный патрубок 10 поступает в пространство между дисками 5 и 6 ротора через отверстие в верхнем диэлектрическом (фторопластовом) диске 5. Включают все СВЧ-генераторные блоки 7. В резонаторных камерах 2, 4 образуется электромагнитное поле сверхвысокой частоты. Зерно, находящееся внутри беличьей клетки, в процессе ее передвижения подвергается воздействию ЭМП СВЧ при стыковании со стационарной частью резонаторной камеры. При вращении ротора под действием центробежных сил инерции и воздушного потока продукт размола зерна движется от центра к периферии ротора, отбрасывается в зону резонаторных камер 2, где получает первое ударное воздействие. Затем зерно захватывается и разгоняется втулками и центробежными силами отбрасывается на экранирующий корпус 1, где получает второе ударное воздействие. В результате живые вредители уничтожаются, поврежденные зерна с личинками разрушаются, а личинки в основном погибают за счет нагрева в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. Вследствие многократных ударов о втулки 3 и корпус 1 зерновые продукты дополнительно измельчаются.

Под воздействием ЭМП СВЧ происходит поляризация диполей, за счет чего вырабатывается эндогенное тепло в зерне. Капиллярная влага интенсивно переходит в пар, вызывая резкий рост давления в зерне. Переход влаги в парообразное состояние и ее выталкивание на поверхность зерна происходят в результате избыточного давления. Содержание водорастворимых веществ увеличивается, что положительно влияет на органолептические свойства и консистенцию продукта. Наряду с этим уничтожаются фитопатогенная микрофлора зерна, вредители хлебных запасов и их личинки. Благодаря малой продолжительности воздействия ЭМП СВЧ практически полностью сохраняется витаминный комплекс продукта. Установка позволяет снизить энергетические затраты на обеззараживание зерна и продуктов его переработки, улучшить их энергетическую ценность.

Обеззараженное зерно и измельченный продукт выводятся через выпускной патрубок 13. Подача исходного зерна через приемный патрубок 10 в рабочую камеру, мощности СВЧ-генераторов и частота вращения ротора регулируются.

*Преимущества предложенной установки.* Управляемая интенсивность воздействия ЭМП СВЧ, высокая уровень надежности, минимальные показатели переизмельчения продукта.

### **Заключение**

Предложена конструкция СВЧ-установки для обеззараживания зерна и продуктов его переработки, где поточность технологического процесса обеспечивается с помощью ротора, содержащего между двумя горизонтально расположенными дисками нижние части цилиндрических резонаторных камер. Стационарные части резонаторов в виде шарового сегмента закреплены под верхним основанием цилин-

дрического экранирующего корпуса, содержащего приемный и выпускной патрубки, выполняющие функции запредельных волноводов. Исследования показывают, что микронизация эффективно действует на зерна бобовых культур. Микронизация уничтожает фитопатогенную микрофлору зерна и уменьшает общее микробное число в 5–6 раз. Наилучший эффект микронизации зерна бобовых культур достигается при воздействии ЭМП СВЧ в течение 50–60 с.

#### Библиографический список

1. Бутковский В.А. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства. М.: ВО «Агропромиздат», 1989. 464 с.
2. Новикова Г.В., Белов А.А., Белова М.В. Микронизатор фуражного зерна. Чебоксары: ФГБОУ ВПО ЧГСХА, 2014. 92 с.
3. Патент № 2502450 РФ, МПК А23N 17/00. СВЧ-индукционная установка для микронизации зерна / А.А. Белов, М.В. Белова, Г.В. Новикова // Заявитель и патентообладатель ЧГСХА (RU). № 2011128532/13; заявл. 08.07.2011 г.; опубл. 27.12.2013. Бюл. № 36. 6 с.
4. Патент № 2489068 РФ, МПК А23N 17/00. СВЧ-индукционная установка барабанного типа для микронизации зерна / М.В. Белова, Г.В. Новикова, О.В. Михайлова, А.А. Белов // Заявитель и патентообладатель ЧГСХА (RU). № 2012100432; заявл. 10.01.2012 г.; опубл. 20.08.2013. Бюл. № 22. 5 с.

### MICROWAVE UNIT FOR DISINFECTION OF GRAIN AND GRAIN PRODUCTS

A.A. BELOV<sup>2</sup>, V.F. STORCHEVOY<sup>4</sup>, M.V. BELOVA<sup>1</sup>, A.N. KOROBKOV<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> Kazan State Agrarian University; <sup>2</sup> Moscow State Automobile and Road Technical University (Volga affiliate); <sup>3</sup> Nizhny Novgorod State Engineering-Economic Institute; <sup>4</sup> Russian Timiryazev State Agrarian University)

*Development of microwave unit for disinfection of grain and grain products is quite relevant as it can ensure the stream-lining of technological process with the use of mobile cavity resonator and evanescent-mode waveguide which allow reducing the intensity of radiation flow through the inlet and outlet pipes. The research methodology is to solve a set of interrelated tasks. It includes the analysis of physical, mechanical and dielectric properties of the product, the choice of energy supply method and justification of effective modes of electromagnetic field effect of microwaves, heat exchange calculations, the structural design of the unit which should be equipped with control facilities and automatic regulation and management systems. Mathematical modeling of the impact of electromagnetic field of ultrahigh frequencies (EMFUHF) on grain and grain products includes the following stages: formulation of a physical model of the process based on the interaction of two physical factors, such as: the multiple hammering action and endogenous heating; mathematical description and drawing of algorithm for parameter matching and operation modes of the microwave unit; achieving the target and verifying the adequacy of the obtained solution of the physical model describing the process of integrated impact of both EMFUHF and repeated hammering impact. Moreover, it is necessary to substantiate the mechanism of product decontamination process, choose the most effective process mode and design microwave unit characterized by adequate capacity and high technical and economic indicators. Under the influence of EMFUHF the polarization of dipoles occurs resulting in endogenous heating generated in grain. Capillary moisture rapidly*

turns into steam, causing a sharp rise of pressure in grain. The transformation of moisture into vapor state and its ejection to the grain surface is due to the excessive pressure. The content of soluble substances increases, which positively affects the organoleptic properties and texture of the product. At the same time the pathogenic microflora of grain, grain pests and their larvae are eliminated. Due to the short exposure duration of EMFUHF the vitamin complex of the product is almost completely preserved. This unit allows reducing the energy costs spent on decontamination of grain and grain products and improving their caloric value. The advantages of the proposed unit are the following: controlled intensity of EMFUHF impact, high level of reliability, minimum performance of overgrinding product.

*Key words: disinfection, entoleter, electromagnetic field, ultrahigh frequencies, rotor, cavity resonator, grain and grain products.*

**Белов Александр Анатольевич** — к. т. н., доц. кафедры сервиса транспортных и технологических машин Волжского филиала Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), соиск. уч. степ. док. техн. наук кафедры технологий и машин в растениеводстве РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (125829, г. Москва, А-319, Ленинградский проспект, 64; тел. (927) 127-63-15; e-mail: sofronich.bel@mail.ru).

**Сторчевой Владимир Федорович** — д. т. н., проф., проректор по учебной работе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-21-50; e-mail: storchevoy@timacad.ru).

**Белова Марьяна Валентиновна** — к. т. н., соиск. уч. степ. док. техн. наук кафедры машин и оборудования в агробизнесе Казанского государственного аграрного университета (420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 65; тел. (953) 015-53-94; e-mail: NovikovaGalinaV@yandex.ru).

**Коробков Алексей Николаевич** — асп., преп. кафедры электрификации и автоматизации Нижегородского государственного инженерно-экономического института (606340, Нижегородская обл., г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22; тел. (920) 014-80-21; e-mail: aleksey.korobkov52@mail.ru).

**Belov Aleksandr Anatolievich** — PhD in Technical Sciences, associate professor of the department of technology and machines of Moscow State Automobile and Road Technical University, candidate for a degree of Doctor of Technical Sciences at the department of technology and machinery in crop production of Russian Timiryazev State Agrarian University; Volga affiliate of Moscow State Automobile and Road Technical University (MADI) (125829, Russia, Moscow, A-319, Leningradsky Prospect, 64.; тел. (927) 127-63-15; e-mail: sofronich.bel@mail.ru).

**Storchevoy Vladimir Fedorovich** — Doctor of Technical Sciences, professor, vice-rector for academic affairs, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-21-50; e-mail: storchevoy@timacad.ru).

**Belova Mariana Valentinovna** — PhD in Technical Sciences, candidate for a degree of Doctor of Technical Sciences at the department of machinery and equipment in agribusiness, Kazan State Agrarian University (420015, Russia, Kazan, Karl Marx street, 65; тел. (953) 015-53-94; e-mail: NovikovaGalinaV@yandex.ru).

**Korobkov Alexey Nikolaevich** — PhD student, assistant of the department of electrification and automation, teacher, Nizhny Novgorod State Engineering-Economic Institute (606340, Russia, Nizhny Novgorod region, Knyaginino city, October street, 22; tel. (920) 014-80-21; e-mail: aleksey.korobkov52@mail.ru).

УДК [664.844+644.849]:635.132

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ МОРКОВИ НА ПРИГОДНОСТЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЮРЕОБРАЗНЫХ И СУШЕНЫХ ПРОДУКТОВ

Ш.В. ГАСПАРЯН<sup>1</sup>, М.Е. ЗАМЯТИНА<sup>1</sup>,  
А.Р. БЕБРИС<sup>1</sup>, В.А. БОРИСОВ<sup>2</sup>, А.В. РОМАНОВА<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;  
<sup>2</sup> ГНУ Всероссийский НИИ овощеводства)

*В статье представлены результаты технологической оценки 20 современных сортов и гибридов моркови на пригодность для производства пюре-полуфабриката и сушеной продукции. Изучены биохимические показатели качества свежего сырья и произведенной из него готовой продукции. По результатам исследований установлено, что для производства консервированного пюре-полуфабриката целесообразно использование сорта моркови Московская зимняя А-75, для сушки — гибриды Звезда F<sub>1</sub> и Нерак F<sub>1</sub>, а также сорта Лосиноостровская 13 и Факел.*

*Ключевые слова: морковь, сорт, гибрид, химический состав, технологические свойства, пюре, сушка.*

Морковь является одной из ведущих овощных культур, возделываемых в открытом грунте. По данным ЗАО «Новый век агротехнологий», в 2012 г. под этой культурой было занято 23 тыс. га при валовом сборе 1565 тыс. т [4]. Несмотря на значительные объемы производства, достаточно большая доля моркови на российском рынке представлена импортной продукцией. Необходимость ее импорта в значительной степени обуславливается большими потерями продукции на этапе ее жизненного цикла, от уборки до конечного потребителя, которые можно снизить путем совершенствования технологий хранения и переработки.

Морковь традиционно является сырьем для различных способов переработки. Потребительские свойства готовой продукции определяются комплексом факторов, среди которых следует выделить технологические параметры сырья (химический состав корнеплодов, их физико-морфологические свойства). Считается, что высококачественный корнеплод моркови должен иметь максимально развитую кору (флоэму) и небольшую сердцевину (ксилему). Соотношение ксилемы и флоэмы в лучших образцах соответствует 1:3 по диаметру поперечного разреза, так как каротин и сахара накапливаются в основном в клетках флоэмы, а нитраты в большей степени аккумулируются в ксилеме [2]. Ранее проведенные исследования позволили выявить значение сортовых особенностей при производстве цукатов [5], соков [7], сушеной продукции [1] и других видов продуктов питания.



Среди промышленно производимых продуктов переработки моркови, имеющих перспективу для промышленного производства, можно выделить консервированное пюре-полуфабрикат и сушеную продукцию. Первый можно использовать в качестве полуфабриката для производства соковой и пюреобразной продукции, в том числе и для детского питания, второй — в качестве одного из ингредиентов сухих овощных смесей. В связи с этим исследования в области технологической оценки современных сортов и гибридов моркови применительно к производству подобных продуктов имеют как научный, так и практический интерес.

В качестве объектов исследований были взяты сортообразцы моркови из коллекции отдела земледелия и агрохимии ГНУ ВНИИ овощеводства: 10 отечественных (Лосиноостровская 13, Грибовчанин F<sub>1</sub>, Грибовчанин F<sub>1</sub>, Звезда F<sub>1</sub>, Марлинка, Марс F<sub>1</sub>, Московская зимняя А-75, НИИОХ 336, Олимпиец F<sub>1</sub>, Соната F<sub>1</sub>, Факел) и 10 зарубежных (Бэйзл F<sub>1</sub>, Канада F<sub>1</sub>, Кардифф F<sub>1</sub>, Намур F<sub>1</sub>, Найджел F<sub>1</sub>, Найрим F<sub>1</sub>, Неликс F<sub>1</sub>, Наполи F<sub>1</sub>, Нерак F<sub>1</sub>, Ньюс F<sub>1</sub>).

Исследовательская работа включала в себя 3 этапа: биохимический анализ свежего сырья, лабораторное производство продуктов переработки, биохимическая и органолептическая оценка готовой продукции. В ходе ее выполнения были использованы общепринятые методы биохимических исследований овощной продукции [2] и метод органолептической оценки [5].

Лабораторное производство продуктов переработки моркови осуществляли на кафедре технологии хранения и переработки плодов и овощей РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева по следующим технологическим схемам.

Предварительная подготовка сырья включала в себя мойку, инспекцию и очистку корнеплодов механическим способом на корундовой машине с последующей ручной доочисткой. Для производства пюре подготовленное свежее сырье подвергали измельчению на дробилке, для сушки — на терочной машине с выходом частиц размером 5 × 1,5 × 25 мм.

Сушку моркови проводили в сушильных шкафах конвективным способом при температуре 60°C в течение 6 ч. до остаточной влажности 12–14%. Затем готовый продукт фасовали в трехшовные комбинированные пакеты вместимостью 100 г.

При производстве консервированного пюре подготовленную морковь подвергали шпарке острым паром, затем протирали на протирачной машине с диаметром сит 0,8 мм и доводили до однородного состояния в миксере, фасовали в стеклянные банки вместимостью 500 см<sup>3</sup> и подвергали тепловой стерилизации в автоклаве при температуре 115°C в течение 30 мин.

Результаты биохимических анализов сырья и готового продукта представлены в таблице.

Содержание растворимых сухих веществ в овощном сырье является интегрированным показателем, характеризующим его технологические свойства. Наиболее высокое его значение наблюдалось у отечественных образцов: Московская зимняя А-75 (13,8%), Факел (13,3%) и Соната F<sub>1</sub> (13,1%). В среднем разница в содержании сухого вещества в корнеплодах моркови голландской селекции и отечественных была незначительной (12,2% против 11,8%). Этот показатель оказывает непосредственное влияние на выход готовой продукции и ее органолептические свойства и характеризует высокие потенциальные технологические свойства указанных образцов.

Каротин в корнеплодах моркови находится в наиболее усвояемой форме, что определяет прежде всего пищевую ценность и является основным технологическим показателем, определяющим внешнюю привлекательность готового продукта по его окраске.

**Химический состав свежей моркови и произведенной из нее продукции**

| Наименование<br>сортообразца | Сырье                   |                     |           |                | Продукты переработки    |                     |           |                |                         |                     |           |                |
|------------------------------|-------------------------|---------------------|-----------|----------------|-------------------------|---------------------|-----------|----------------|-------------------------|---------------------|-----------|----------------|
|                              |                         |                     |           |                | пюре                    |                     |           |                | сушеная продукция       |                     |           |                |
|                              | сухое веществ-<br>во, % | каротиноиды,<br>мг% | сахара, % | нитраты, мг/кг | сухое веществ-<br>во, % | каротиноиды,<br>мг% | сахара, % | нитраты, мг/кг | сухое веществ-<br>во, % | каротиноиды,<br>мг% | сахара, % | нитраты, мг/кг |
| Лосиноостров-<br>ская 13     | 12,9                    | 21,9                | 7,7       | 150            | 9,2                     | 24,1                | 4,0       | 35             | 82,2                    | 107,1               | 45,9      | 1063           |
| Грибовчанин F <sub>1</sub>   | 10,3                    | 15,3                | 5,9       | 64             | 7,8                     | 20,4                | 2,9       | 34             | 61,3                    | 46,2                | 29,7      | 580            |
| Звезда F <sub>1</sub>        | 11,1                    | 23,0                | 7,0       | 139            | 7,4                     | 13,2                | 2,6       | 56             | 85,4                    | 89,7                | 47,1      | 907            |
| Марлинка                     | 11,4                    | 14,6                | 5,2       | 199            | 9,2                     | 11,0                | 2,0       | 163            | 74,8                    | 61,2                | 28,1      | 3013           |
| Марс F <sub>1</sub>          | 12,3                    | 18,6                | 5,2       | 158            | 9,6                     | 13,3                | 3,0       | 107            | 79,0                    | 65,4                | 32,7      | 1612           |
| Московская<br>зимняя А-75    | 13,8                    | 21,2                | 6,4       | 116            | 10,5                    | 18,1                | 2,7       | 59             | 98,3                    | 73,7                | 45,6      | 872            |
| НИИОХ 336                    | 12,9                    | 23,9                | 5,6       | 61             | 8,8                     | 22,6                | 2,5       | 27             | 86,2                    | 75,8                | 41,2      | 1285           |
| Олимпиец F <sub>1</sub>      | 11,3                    | 22,3                | 5,2       | 240            | 7,9                     | 21,8                | 3,2       | 187            | 81,8                    | 67,3                | 39,8      | 1197           |
| Соната F <sub>1</sub>        | 13,1                    | 23,9                | 6,3       | 164            | 9,4                     | 12,4                | 2,7       | 125            | 83,4                    | 76,3                | 38,3      | 2287           |
| Факел                        | 13,3                    | 18,5                | 6,0       | 173            | 7,6                     | 23,4                | 3,3       | 100            | 86,4                    | 71,8                | 33,7      | 1275           |
| Бэйзл F <sub>1</sub>         | 10,0                    | 13,7                | 5,7       | 152            | 7,8                     | 11,5                | 3,7       | 148            | 71,4                    | 41,7                | 35,1      | 1049           |
| Канада F <sub>1</sub>        | 12,5                    | 14,7                | 6,0       | 74             | 9,0                     | 18,3                | 3,2       | 30             | 91,0                    | 76,3                | 36,8      | 527            |
| Кардифф F <sub>1</sub>       | 12,0                    | 16,7                | 6,0       | 57             | 7,4                     | 12,0                | 3,0       | 55             | 85,5                    | 66,4                | 41,9      | 484            |
| Намур F <sub>1</sub>         | 11,6                    | 15,7                | 6,5       | 83             | 8,2                     | 18,1                | 2,8       | 24             | 80,7                    | 85,5                | 43,1      | 589            |
| Найджел F <sub>1</sub>       | 11,4                    | 14,6                | 5,0       | 191            | 7,8                     | 16,4                | 3,6       | 134            | 83,2                    | 78,8                | 40,0      | 1058           |
| Найрим F <sub>1</sub>        | 12,3                    | 17,1                | 5,2       | 168            | 8,1                     | 10,8                | 2,2       | 128            | 86,7                    | 42,8                | 36,3      | 1584           |
| Неликс F <sub>1</sub>        | 12,7                    | 18,3                | 5,8       | 114            | 8,9                     | 17,5                | 2,7       | 64             | 86,6                    | 53,4                | 40,5      | 1234           |
| Наполи F <sub>1</sub>        | 10,9                    | 10,6                | 5,2       | 248            | 7,0                     | 12,2                | 2,7       | 218            | 73,5                    | 45,8                | 35,6      | 1458           |
| Нерак F <sub>1</sub>         | 12,1                    | 15,6                | 5,6       | 100            | 8,7                     | 15,4                | 2,6       | 60             | 86,8                    | 62,5                | 38,9      | 976            |
| Ньюс F <sub>1</sub>          | 12,2                    | 14,7                | 5,6       | 103            | 8,3                     | 17,9                | 2,6       | 74             | 89,8                    | 58,8                | 43,8      | 861            |



Голландские гибриды моркови по содержанию каротина намного уступали отечественным образцам (15,2 против 20,3 мг%). Наибольшим оно было у сорта НИИОХ 336, гибрида Соната F<sub>1</sub> (по 23,9 мг%) и гибрида Звезда F<sub>1</sub> (23,0 мг%). При превосходящем содержании сахаров в отечественных образцах моркови по вариантам опыта оно варьировало от 5,0% (гибрид Найджел F<sub>1</sub>) до 7,7% (сорт Лосиноостровская 13).

По содержанию нитратов все образцы не превышали ПДК, регламентированную СанПиН 2.3.2. 1078-01 для данной культуры (250 мг/кг). Наименьшим оно было у гибридов Кардифф F<sub>1</sub> (57 мг/кг), Грибовчанин F<sub>1</sub> (64 мг/кг) и сорта НИИОХ 336 (61 мг/кг), что следует учитывать при подборе сортов для производства продуктов питания для детского и диетического питания.

В процессе разваривания сырья при производстве пюре происходит его насыщение влагой, что приводит к снижению содержания в нем сухого вещества, сахаров, а также нитратов. Но при этом увеличивается степень экстракции каротиноидов. Это объясняет тот факт, что по отдельным образцам (Лосиноостровская 13, Грибовчанин F<sub>1</sub>, Факел, Канада F<sub>1</sub>, Намур F<sub>1</sub>, Найджел F<sub>1</sub>, Наполи F<sub>1</sub>, Ньюс F<sub>1</sub>) наблюдается возрастание их содержания по сравнению с показателем исходного сырья. В наибольшей степени экстракция каротиноидов отмечена у отечественных гибридов Грибовчанин F<sub>1</sub> (на 133%), Факел (на 126%) и голландских гибридов Канада F<sub>1</sub>, Ньюс F<sub>1</sub> (на 122–124%).

Противоположная картина отмечается при производстве сушеной моркови, в которой вследствие обезвоживания тканей возрастает концентрация всех анализируемых компонентов химического состава.

Решающим показателем, определяющим качество готовой продукции, является ее органолептическая оценка, которая проводится по таким показателям, как внешняя привлекательность, вкус, аромат, консистенция, типичность. По результатам дегустации все образцы получили высокие оценки. Наибольшая оценка (7,94 балла) была присуждена продукту, произведенному из моркови сорта Московская зимняя А-75. По сушеной продукции наиболее высокие оценки (7,00–7,45) получили продукты, произведенные из моркови сортов и гибридов Звезда F<sub>1</sub>, Нерак F<sub>1</sub>, Лосиноостровская 13, Факел.

Таким образом, проведенные исследования характеризуют сорт моркови Московская зимняя А-75 как вид сырья, в наибольшей степени пригодный для производства пюреобразной продукции, а Звезда F<sub>1</sub>, Нерак F<sub>1</sub>, Лосиноостровская 13 и Факел — пригодный для производства сушеной продукции. Эти особенности следует учитывать при возделывании моркови как сырья для переработки.

#### Библиографический список

1. Бочаров В.А. Результаты сортоотбора, рекомендуемого для сушки овощного сырья по Волго-Вятскому региону // Биол. основы садоводства и овощеводства / Мичур. гос. аграр. ун-т. Мичуринск, 2010. С. 50–52.
2. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И. и др. Методы биохимических исследований растений. Л.: «Колос», Ленингр. отд.-е, 1972. 456 с.
3. Мегердичев Е.Я. Технологические требования к сортам овощных и бахчевых культур, предназначенным для различных видов консервирования. М.: РАСХН, ВНИИКОП, 2003. 94 с.
4. Российский рынок моркови: посевные площади, производство, внешняя и внутренняя торговля, динамика цен [Электронный ресурс] / Служба распространения прессы-

релизов. Электрон. данн. Режим доступа: <http://www.press-release.ru/branches/agroprom/a7b743e53201b>.

5. Степанова Н.Ю. Технологическая оценка пригодности разных сортов и гибридов моркови для производства цукатов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Санкт-Петербург, 2009. № 14. С. 78–82.

6. Широков Е.П. Практикум по технологии хранения и переработки плодов и овощей. 3-е издание, перераб. и дополн. М.: Агропромиздат, 1985. 192 с.

7. Borowska E.J., Zadernowski R., Szajdek A., Majewska K., Budrewicz G. Organoleptic, physical and chemical properties of some varieties of carrots suitable in juice production // Pol. j. of natural sciences Univ. Warminsko-Mazurskiego. Olsztyn, 2005. № 18. P. 173–186.

## TECHNOLOGICAL EVALUATION OF MODERN VARIETIES AND HYBRIDS OF CARROTS SUITABLE FOR PRODUCTION OF PUREE AND DRIED FOODS

SH.V. GASPARYAN<sup>1</sup>, M.E. ZAMYATINA<sup>1</sup>, A.R. BEBRIS<sup>1</sup>,  
V.A. BORISOV<sup>2</sup>, A.V. ROMANOVA<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Russian Timiryazev State Agrarian University;  
<sup>2</sup> All-Russian Research Institute of Vegetable Growing)

*Carrot is a valuable vegetable crop which is of greatest interest as raw material for manufacturing of various types of food stuff. Its technological properties are formed under influence of some factors among which the key role is played by high-quality characteristics which are necessary for considering at the background of processing technology of raw material.*

*10 domestic carrot cultivars and hybrids were taken as the research object: Losinoostrovskaya 13, Gribovchanin F<sub>1</sub>, Zvezda F<sub>1</sub>, Marlinka, Mars F<sub>1</sub>, Moskovskaya zimnyaya A-75, NIIOKh 336, Olimpiyets F<sub>1</sub>, Sonata F<sub>1</sub>, Fakel and 10 foreign — Beyzl F<sub>1</sub>, Kanada F<sub>1</sub>, Kardiff F<sub>1</sub>, Namur F<sub>1</sub>, Naydzhel F<sub>1</sub>, Nayrim F<sub>1</sub>, Neliks F<sub>1</sub>, Napoli F<sub>1</sub>, Nerak F<sub>1</sub>, Nyuc F<sub>1</sub>. The assessment of their technological properties was carried out in the following way — biochemical analysis of raw material — laboratory manufacturing of mashed potatoes-semifinished item — biochemical and organoleptic assessment of final product.*

*The integrated parameter characterizing technological properties of raw material is dry substances content. The maximum value of this parameter was marked in samples of Russian selection — Moskovskaya zimnyaya A-75 (13.8%), Fakel (13.3%) and Sonata F<sub>1</sub> (13.1%). Such hybrids as Sonata F<sub>1</sub> and NIIOKh 336 differed from the others by the highest content of carotin — by 23.9 mg %. Variety Losinoostrovskaya 13 and hybrid Zvezda F<sub>1</sub> were rich in sugar — 7.7 and 7.0% correspondingly.*

*During the production of half-finished and dry foods the regular changes in chemical composition of raw material took place due to the technological process.*

*According to the results of organoleptic analysis for producing canned puree semi-finished foods Moskovskaya zimnyaya A-75 should be used as it was revealed to be the most suitable variety, production made from this carrot amounted to 7.95 points in total rating. As for the dried foods hybrids Zvezda F<sub>1</sub> and Nerak F<sub>1</sub> as well as varieties Losinoostrovskaya 13 and Fakel showed the best results reaching 7.00–7.45 points according to 10-point scale.*

*Key words: carrots, variety, hybrid, chemical composition, technological properties, puree, dryer.*

**Гаспарян Шаген Вазгенович** — к. с.-х. н., асс. кафедры технологии хранения и переработки плодов и овощей РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; тел. (499) 976-33-13; e-mail: Schagen2010@yandex.ru).

**Замятина Марина Евгеньевна** — асп. кафедры технологии хранения и переработки плодов и овощей РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; тел. (499) 976-33-13; e-mail: Marina.zamyatina@list.ru).

**Бебрис Артем Робертович** — студ. 5 курса технологического факультета РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; тел. (499) 976-33-13; e-mail: Bebris92@mail.ru).

**Борисов Валерий Александрович** — д. с.-х. н., проф., зам. директора по науке ГНУ ВНИИ овощеводства РАН (140153, Московская обл., Раменский район, д. Верея, стр. 500; тел. (49646) 2-44-28; e-mail: vniioh@yandex.ru).

**Романова Аза Васильевна** — к. б. н., в.н.с лаборатории хранения ГНУ ВНИИ овощеводства РАН (140153, Московская обл., Раменский район, д. Верея, стр. 500, тел. (49646) 2-44-77; e-mail: vniioh@yandex.ru).

**Gasparyan Schagen Vazgenovich** — PhD in Agricultural Sciences, assistant of the department of fruits and vegetables storage and processing technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-33-13; e-mail: Schagen2010@yandex.ru).

**Zamyatina Marina Evgenyevna** — PhD student of the department of fruits and vegetables storage and processing technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-33-13; e-mail: Marina.zamyatina@list.ru).

**Bebris Artem Robertovich** — a 5th year student of the Technological Faculty, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. (499) 976-33-13; e-mail: Bebris92@mail.ru).

**Borisov Valeriy Aleksandrovich** — Doctor of Agricultural Sciences, professor, Deputy Director for science, All-Russian Research Institute of Vegetable Growing, (140153, Moscow region, Ramenskiy district, village Vereya, 500; tel. (49646) 2-44-28; e-mail: vniioh@yandex.ru).

**Romanova Aza Vasilievna** — PhD in Biology, senior research scientist of storage laboratory, All-Russian Research Institute of Vegetable Growing (140153, Moscow region, Ramenskiy district, village Vereya, 500; tel. (49646) 2-44-77; e-mail: vniioh@yandex.ru).

УДК 547.751.04

НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ШКОЛА ХИМИИ  
В ПЕТРОВСКОЙ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ И ЛЕСНОЙ АКАДЕМИИ —  
РОССИЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ АГРАРНОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ - МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

С.Л. БЕЛОПУХОВ, Н.М. ПРЖЕВАЛЬСКИЙ, С.Н. СМАРЫГИН

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*Рассмотрены становление, развитие и деятельность научно-педагогической школы химии в Петровской земледельческой и лесной академии — РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на разных этапах ее 150-летней истории. На примере научных школ неорганической и аналитической химии, органической химии, физической и коллоидной химии показана тесная взаимосвязь процесса обучения и научно-исследовательской работы. Обсуждаются функционирование научной школы химии на современном этапе и перспективы ее развития.*

*Ключевые слова: научная школа химии, неорганическая химия, аналитическая химия, органическая химия, физическая химия, коллоидная химия, именные реакции, редкоземельные элементы, химические изотопные эффекты, мультикомпонентный синтез, хромато-масс-спектрометрия, защитно-стимулирующие комплексы.*

Со дня основания Петровской земледельческой и лесной академии химия играла заметную роль в подготовке специалистов для аграрного сектора России. Химические науки составляли основу, фундамент высшего сельскохозяйственного образования. В формировании системы преподавания химических дисциплин в академии, а следовательно, и во всех сельскохозяйственных вузах России приняли участие видные ученые-химики. Химическая лаборатория в Академии была одной из самых первых в стране. Она была оснащена первоклассным оборудованием, что позволяло проводить серьезные научные исследования. Именно в этот период в Петровской академии зарождались научные химические школы, которые прославили отечественную и мировую науку. Наша статья посвящена вузовской науке, которая готовит кадры и вносит вклад в академическую и отраслевую науку.

Согласно современному краткому определению «Научная школа — оформленная система научных взглядов, а также научное сообщество, придерживающееся этих взглядов». В теории науки понятие «Научная школа» многозначно. В книге М.Г. Ярошевского [89] указывается, что «термин “школа” ...при всей своей неопре-

деленности <...> означает, по общепринятому мнению историков, во-первых, единство обучения творчеству и процесса исследования, во-вторых, позицию, которой придерживается одна группа ученых в отношении других». Образование научных школ является хорошей российской традицией, что отмечал В.И. Вернадский [13]: «В России начало научной работе было положено правительством Петра, исходившего из глубокого понимания государственной пользы. Но эта работа быстро нашла себе почву в общественном сознании и не прерывалась в те долгие десятилетия, когда иссякла государственная поддержка научного творчества <...>. Она создавалась при этом интеллигенцией страны <...>, создавалась их личным усилием, по личной инициативе или путем образуемых ими организаций».

В настоящей статье, посвященной 150-летию юбилею Академии, рассмотрены возникновение, развитие, деятельность на современном этапе и перспективы научных школ неорганической и аналитической химии (С.Н. Смарыгин), органической химии (Н.М. Пржевальский), физической и коллоидной химии (С.Л. Белопухов).

### **Неорганическая и аналитическая химия**

В первое десятилетие после организации Петровской академии, с 1865 по 1875 гг., существовала единая кафедра химии, на которой преподавались все химические дисциплины: неорганическая, аналитическая, органическая и агрономическая химия. Курсы неорганической и органической химии читал профессор Николай Эрастович Лясковский. Он написал один из лучших учебников того времени — «Курс химической технологии». Профессор Павел Антонович Ильенков читал курс агрономической химии и руководил практическими занятиями студентов. Химическая лаборатория размещалась в существующем и поныне корпусе № 9.

В 1875 г. кафедра химии разделилась. На кафедре неорганической и аналитической химии соответствующие курсы стал читать заведующий кафедрой Эмилий Богданович Шене. Его лекции сопровождались прекрасно подобранными опытами. Научная деятельность Э.Б. Шене была посвящена изучению свойств пероксида водорода и озона. Им было доказано присутствие пероксида водорода в воздухе и в атмосферных осадках и исследовано взаимодействие пероксида водорода с щелочами.

С 1896 по 1899 гг. кафедрой руководил выдающийся русский химик-органик Михаил Иванович Коновалов, разработавший способ получения нитросоединений действием азотной кислоты на насыщенные углеводороды, который носит название «Реакция Коновалова».

В 1899 г. по рекомендации академика Н.Н. Бекетова адъюнкт-профессором неорганической и аналитической химии Московского сельскохозяйственного института (так тогда называлась Петровская академия) был назначен Иван Алексеевич Каблуков. С его именем связан большой этап в развитии и преподавании химической науки в высших учебных заведениях [5]. И.А. Каблуков постоянно подчеркивал, что кафедры неорганической и органической химии, физики и математики имеют основополагающее значение. Эти кафедры должны дать базовые знания, чтобы, опираясь на них, можно было приобрести специальные знания. Он говорил: «Без прочного фундамента нельзя построить прочного здания».

Лекции И.А. Каблукова вызывали такой большой интерес, что их приходилось переносить в самую вместительную аудиторию — актовй зал главного здания, так как другие аудитории не вмещали всех желающих услышать прекрасного лектора и выдающегося ученого.

В 1903 г. кафедру перевели в пристройку, в которой находились новая лекционная аудитория и новый зал для занятий аналитической химией, вмещавший 96 человек. В стенах этой лаборатории создалась, как писал И.А. Каблуков, «бодрящая научная атмосфера, давшая возможность молодым силам начать и с успехом закончить свои первые научные труды: многие бывшие ассистенты с честью занимают профессорские кафедры в различных высших учебных заведениях, как-то: Н.Я. Демьянов, В.П. Ижевский, И.В. Егоров, А.Е. Чичибабин и другие». Прошло всего два года, и лаборатория не могла вмещать всех желающих в ней работать, так как их число увеличилось до сотен.

31 мая 1912 г. И.А. Каблуков заложил первый камень в фундамент химического корпуса (ныне корпус № 6), строительство которого было завершено в 1914 г. В это здание были переведены все химические лаборатории и кафедры. 22 октября 1914 г. И.А. Каблуков прочитал первую лекцию в новом здании, закончив ее словами: «Прежний дух взаимного уважения и дружной работы на пользу нашей дорогой родины будет царить в стенах этого здания».

И.А. Каблуков разработал ряд вопросов теоретической и прикладной химии. Его научное наследие включает в себя около трехсот трудов. Он занимался исследованиями в разных областях физической химии: теории растворов, термохимии, химии комплексных соединений, физико-химическом анализе солевых систем, изучении состава меда и воска. Под руководством И.А. Каблукова выросла блестящая плеяда российских физико-химиков.

Важным направлением деятельности И.А. Каблукова было изучение природных богатств нашей страны. Он не делил науку на чистую и прикладную, но считал, что есть наука и ее практическое применение. Он активно участвовал в организации отечественного производства минеральных удобрений. В 1905 г. его назначили представителем Главного управления землеустройства и земледелия в Междуведомственную комиссию по вопросу получения окислов азота при Главном артиллерийском управлении. В 1909 г. по предложению Департамента земледелия в МСХИ была создана комиссия по добыванию азотных туков из воздуха, получению известковой селитры и цианистого кальция, и в состав комиссии входили И.А. Каблуков, Н.Я. Демьянов, Д.Н. Прянишников. В 1911 г. в институте под председательством И.А. Каблукова была создана комиссия по проблеме добывания окислов азота из воздуха. В 1908 г. он вошел в состав комиссии института по исследованию фосфоритов в России, работы которой создали предпосылки для производства удобрений из отечественного сырья. В 1911 г. И.А. Каблуков и его отец А.С. Каблуков посетили соляные промыслы Крыма и проанализировали в лаборатории МСХИ собранные ими образцы рапы соляных озер Крыма, чтобы выяснить возможность получения калийных солей и брома из маточных растворов, остающихся после извлечения поваренной соли. Результаты исследования, опубликованные в виде монографии, послужили основой для организации в Крыму бромного завода и получения калийных солей из морской воды.

После гражданской войны, несмотря на царившую в стране разруху, кафедра продолжала учебную и научную работу. В 20-е гг. коллектив кафедры пополнился преподавателями Александром Николаевичем Славяновым и Павлом Ивановичем Процеровым. С 1930 г. преподавательский состав кафедры существенно изменился. На кафедру пришли окончившие Тимирязевскую академию Ю.Н. Груздев, Ф.П. Платонов, В.А. Полосин, М.Н. Пospelов (1930) и выпускники Московского университета Г.А. Тер-Шмаонов (1930), В.А. Рябков (1931) и А.В. Рябков (1932).



Иван Алексеевич Каблуков читал лекции по неорганической химии с 1899 по 1941 гг. Он считал, что лекции имеют большое значение как средство, воодушевляющее слушателей, возбуждающее любовь к науке. И.А. Каблуков говорил, что лекция, прежде всего, должна быть богата внутренним содержанием и притом изложена в ясной, простой (но не упрощенной) форме. Будучи противником схоластических приемов при изучении химии, он всегда сопровождал свои лекции химическими опытами. Эти опыты тщательно подготавливали лекционные ассистенты И.Н. Заозерский, а с 1931 г. — В.А. Полосин и Ф.П. Платонов. Помимо лекций, на кафедре с 1936 г. после длительного перерыва были возобновлены лабораторно-практические занятия по неорганической и аналитической химии.

Большое внимание И.А. Каблуков уделял методической работе. Его перу принадлежит множество статей и различных работ по вопросам методики преподавания химии. Его учебник «Основные начала неорганической химии», над совершенствованием которого он работал более 30 лет, переиздавался 13 раз с 1900 по 1936 гг. В 1940 г. увидел свет «Курс лекций по неорганической химии», в котором И.А. Каблуков обобщил опыт своей преподавательской работы в МСХА им. К.А. Тимирязева. И.А. Каблуков создал одно из первых на русском языке руководство по физической химии — «Основные начала физической химии». Под его руководством в 1929 г. в академии был организован практикум по физической химии, а затем и первая в сельскохозяйственных вузах кафедра физической и коллоидной химии.

По инициативе И.А. Каблукова кафедра неорганической и аналитической химии организовывала научные экспедиции в места добычи полезных ископаемых (Соликамск, Березники, Хибин, Донбасс, соляные озера Эльтон и Баскунчак). В этих экспедициях принимали участие сотрудники кафедры, аспиранты и студенты.

С 1908 по 1935 гг. на кафедре проводил исследования в области препаративной химии профессор В.А. Рекшинский, внесший существенный вклад в развитие научной школы неорганической и аналитической химии. Он разработал оригинальные методы получения более чем 40 различных химических веществ: тиоцианата аммония, тиоцианата калия, хлорида и бромида фосфора и многих других.

В 1935 г. на кафедре была организована аспирантура, и начали научную работу студенты, которых в то время называли выдвиненцами. Первыми студентами-выдвиненцами, а затем аспирантами были Р.В. Котляров, Р.К. Озолин, В.А. Соколов, А.Г. Трещов и М.И. Шахпаронов. В 1936 г. аспирантом на кафедру была принята З.Ф. Андреева. Все они успешно окончили аспирантуру. З.Ф. Андреева, В.А. Соколов и М.И. Шахпаронов стали профессорами, докторами наук.

Заслуги профессора И.А. Каблукова в науке и образовании были по достоинству отмечены государством. В 1927 г. он был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР, в 1929 г. ему было присуждено звание заслуженного деятеля науки. В 1932 г. И.А. Каблуков был избран почетным членом Академии наук СССР. В 1937 г. в связи с 80-летием и 58-летием научной, педагогической и общественной деятельности И.А. Каблукова он был награжден орденом Трудового Красного Знамени. В 1940 г. его наградили орденом Ленина.

В сентябре 1941 г. часть сотрудников кафедры была эвакуирована в Чакино и Самарканд. И.А. Каблуков умер в эвакуации в Ташкенте 5 мая 1942 г. Оставшиеся в Москве сотрудники были заняты организацией при кафедре районной химической лаборатории. Начальниками этой лаборатории некоторое время были И.Н. Заозерский и В.А. Полосин, а затем, до конца войны, — Ф.П. Платонов. Лаборатория обслуживала все участковые и объектовые лаборатории Тимирязевского района и была



признана штабом МПВО г. Москвы лучшей в районе. Она получала неоднократные благодарности от штаба МПВО г. Москвы и штаба МПВО Тимирязевского района.

В 1942 г. при кафедре была организована спецхимлаборатория, которую возглавлял доцент Ф.П. Платонов. Эта лаборатория оказала большую помощь фронту. В ее работе принимали участие И.Н. Заозерский, В.А. Полосин, П.И. Процеров, И.Ф. Недорезов, А.И. Денисова, Е.А. Виноградова, Е.Г. Яворская, Т.П. Шитт. В лаборатории исследовались ингредиенты, заменяющие гремучую ртуть в иницилирующих взрывчатых веществах. Была разработана и передана для использования специальная аппаратура (запал для мин замедленного действия, универсальный воспламенитель бикфордова шнура, петарды для демаскировки врага, капсули-взрыватели нажимного действия). Было организовано производство боеприпасов, которыми снабжались партизаны. В производстве боеприпасов принимали участие и сами партизаны. Приказом Народного Комиссара Обороны Союза ССР от 24 октября 1942 г. и приказом начальника инженерных войск Красной Армии от 28 октября 1942 г. «За плодотворную изобретательскую и рационализаторскую работу по созданию новых и усовершенствованию существующих образцов вооружения и снабжения Красной Армии» была объявлена благодарность и были награждены начальник лаборатории доцент Ф.П. Платонов, доцент В.А. Полосин, бригадир Е.Г. Яворская и И.Ф. Недорезов. Получены были также благодарности от партизан Московской области.

С 1942 по 1946 гг. кафедрой руководил профессор В.В. Феофилактов. Занятия с первым курсом студентов академии проводились в учебном хозяйстве «Щапово», так как общежития в Москве были заняты под госпиталь. В мае 1943 г. весь преподавательский состав и студенты академии вернулись из эвакуации, и, несмотря на военное время, началась планомерная работа кафедры. На кафедру пришел доцент М.Ю. Финогенов, в 1946–1947 гг. зачислены ассистентами выпускники академии Н.Н. Тарасова и А.Г. Трещов, в 1954 г. поступил П.Н. Паткин.

С 1946 по 1968 гг. кафедру возглавлял заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор химических наук, лауреат Государственной премии профессор Иван Николаевич Заозерский. Он перешел на работу в МСХИ в 1914 г. из Московского университета по рекомендации И.А. Каблукова. Здесь, на кафедре неорганической и аналитической химии, он продолжил начатые еще в 1912 г. исследования по химии редкоземельных элементов. Работая с импортным сырьем, И.Н. Заозерский первым в нашей стране получил чистые препараты церия (IV) и спектрально чистый оксид лантана.

С 1931 г. И.Н. Заозерский возглавлял лабораторию редкоземельных элементов в Государственном институте редких и малых металлов. В исследованиях института приняла участие большая группа сотрудников кафедры неорганической и аналитической химии Тимирязевской академии: Ю.Н. Груздев, А.А. Елховский, П.И. Процеров, В.А. Рябков, Г.А. Тер-Шмаонов и др. После открытия А.Е. Ферсманом на Кольском полуострове месторождений апатита, содержащего редкоземельные элементы в качестве примесей, а также редкоземельных минералов лопарита, ловчоррита, эвдиалита и др., И.Н. Заозерский занимался разработкой способов их вскрытия и выделения из них отдельных редкоземельных элементов. Он разработал ряд оригинальных способов: аммиачный способ получения редких земель, способ отделения алюминия от редких земель, способы переработки лопарита на соединения ниобия, тантала и редких земель. Им были выяснены условия, при которых выделяются редкие земли из ловчоррита, апатита. Обобщив свои многочисленные исследования, И.А. Заозерский в 1943 г. успешно защитил диссертацию по химическим наукам.

Проведенные под руководством И.Н. Заозерского работы по разделению редкоземельных элементов легли в фундамент отечественной промышленности по производству этих металлов. За эти исследования в 1951 г. И.Н. Заозерскому, З.Ф. Андреевой, Р.В. Котлярову, И.Э. Краузе, В.А. Рябкову, Г.А. Тер-Шмаонову была присуждена Государственная премия.

Перу И.Н. Заозерского принадлежит более 70 научных работ. Профессор И.Н. Заозерский был талантливым педагогом, прекрасным лектором, умелым методистом, продолжателем славных традиций, установившихся на кафедре в результате деятельности его предшественников. В 1964 г. вышло учебное пособие по неорганической химии под редакцией профессора И.Н. Заозерского, составленное коллективом авторов (И.Н. Заозерский, Р.В. Котляров, В.А. Полосин, Ф.П. Платонов, В.А. Рябков, Г.А. Тер-Шмаонов, М.Ю. Финогенов). Доцент В.А. Полосин написал в 1950 г. монографию «Лекционные опыты по общей химии». Доценту Ф.П. Платонову принадлежит учебное пособие «Практикум по неорганической химии» (1965), переизданное в 1985 г. в соавторстве с доцентом З.Е. Дейковой.

В научной группе И.Н. Заозерского большую исследовательскую работу проводила Зиновия Федоровна Андреева. З.Ф. Андреева училась и работала в ТСХА с 1930 г. Она занималась химией и технологией получения редкоземельных элементов высокой чистоты. Опубликовано более 70 ее научных работ. Под руководством З.Ф. Андреевой успешно защищены 5 кандидатских диссертаций. В 1951 г. ей присуждена Государственная премия СССР (в соавторстве с другими исследователями — сотрудниками кафедры), в 1964 г. — ученая степень доктора химических наук. З.Ф. Андреева имела 4 авторских свидетельства и 10 удостоверений о регистрации исследовательских работ с установлением приоритета СССР; награждена орденом «Знак Почета» и многими медалями. С 1970 г. — профессор-консультант кафедры неорганической и аналитической химии. Умерла З.Ф. Андреева в 1975 г.

Развитие химических знаний потребовало организацию при кафедре радиоизотопной лаборатории. Одним из организаторов, а затем заведующим был Ф.П. Платонов. К работе в лаборатории впоследствии был привлечен доцент А.Г. Трещов. С 1960 г. лаборатория реорганизована в самостоятельную кафедру.

В 1968–1974 гг. кафедрой заведовал профессор, доктор химических наук Г.П. Хомченко — автор известного пособия для поступающих в вузы. Под его руководством на кафедре проводились электрохимические исследования, связанные с созданием топливных элементов.

С 1974 по 1997 гг. заведующим кафедрой был доктор химических наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации Дмитрий Анатольевич Князев (1931–2013).

Д.А. Князев является создателем нового направления физической химии — квантово-статистической теории равновесных химических изотопных эффектов. Эти эффекты используются как средство исследования сложных систем, которые не поддаются изучению иными методами. Например, они позволили получить данные о структуре и внутримолекулярных силовых полях соединений и измерять палеотемпературы в геологии. Но главной задачей теории этих эффектов является их предсказание и поиск систем химического изотопного обмена с высокими коэффициентами разделения изотопов, пригодными для их технологического разделения.

Научные интересы Д.А. Князева не ограничивались изучением химических изотопных эффектов. Известны его работы по масс-спектрометрическому изотопному анализу, по экстракционной и ионообменной хроматографии, а также по разра-

ботке экспрессных тест-методов анализа. Под его руководством были организованы и проведены четыре Всесоюзных конференции по сельскохозяйственному анализу.

Д.А. Князев создал школу, которая успешно продолжала и продолжает изучение изотопных эффектов в химии, биологии и геологии (профессора А.А. Ивлев, Г.Д. Клинский, доцент А.В. Бочкарев и др.). Зарубежные (ГДР, США, Франция, Греция) доклады и лекции Д.А. Князева и его учеников сделали труды школы хорошо известными.

За годы, когда кафедрой руководил Д.А. Князев, студенческие практикумы были оснащены самым совершенным по тому времени аналитическим приборным парком. Были созданы новые для системы сельскохозяйственного высшего образования России учебные курсы: «Физико-химические методы анализа» и «Химия окружающей среды». Для этих курсов коллективом преподавателей кафедры написаны практикумы. В 1990 г. вышло в свет первое издание учебника «Неорганическая химия», написанного Д.А. Князевым в соавторстве с С.Н. Смариным.

С 1997 по 2002 гг. кафедрой руководил доктор химических наук, профессор Геннадий Дмитриевич Клинский. Под его руководством на кафедре были сформированы курсы неорганической и аналитической химии для студентов вечернего и заочного обучения. Было выпущено учебное пособие «Неорганическая химия для биологов» (авторы Г.Д. Клинский и В.Д. Скопинцев, 2001) и пособие для абитуриентов «Химия» (авторы Г.Д. Клинский, Л.Л. Дмитриевский, В.Д. Скопинцев, 2000, 2002).

С 2002 г. заведующим кафедрой стал доцент, кандидат химических наук Сергей Николаевич Смариин. Под его руководством проводятся исследования влияния элементного и вещественного состава с.-х. культур на качество с.-х. продукции и работы по методике преподавания химии в высших сельскохозяйственных учебных заведениях.

Профессор А.А. Ивлев занимается изучением изотопных эффектов углерода в метаболических процессах в растительных и животных организмах. Им открыт неизвестный ранее изотопный эффект фотодыхания и установлена закономерная связь внутримолекулярного распределения изотопов углерода в живых организмах с временной последовательностью клеточных процессов. Результат этих исследований нашел отражение в научном открытии, которое было зарегистрировано Российской академией естественных наук в 2004 г. На базе исследований А.А. Ивлева развиты новые представления о механизме фотосинтеза (механизм осцилляций фотоассимиляции и фотодыхания) и об организации клеточного метаболизма. Новые представления нашли применение для изучения вопросов экологии (парниковый эффект), биологической эволюции, физиологии растений и в других областях.

В 2004 г. докторскую диссертацию по сельскохозяйственным наукам защитил доцент кафедры С.Л. Белопухов, который занимался (и продолжает заниматься в настоящее время, после перехода на кафедру физической и коллоидной химии в 2007 г.) разработкой и внедрением в с.-х. производство новых защитно-стимулирующих комплексов [8]. Эти комплексы обладают широким спектром защитного действия от вредителей и болезней при одновременной стимуляции роста и развития растений. Кроме того, С.Л. Белопухов исследовал сорбционные свойства лубяных волокон для очистки жидких сред от тяжелых металлов и органических веществ.

Разработанные С.Л. Белопуховым способы выращивания льна-долгунца с использованием созданных многокомпонентных защитно-стимулирующих комплексов позволили увеличить урожайность по волокну и семенам в 1,3–1,5 раза, повысить

качество волокна, устойчивость растений к болезням, к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды. Комплексы внедрены в с.-х. предприятиях Северо-Западного и Центрального регионов России. Новые технологии выращивания льна-долгунца, льняные ткани и защитные чехлы были представлены на всероссийских выставках-ярмарках (Вологда, 2000–2005 гг.), VI и VII международных выставках автомобилей двойного назначения (Бронницы, 2003–2004 гг.), выставках «Золотая осень» (ВВЦ, Москва, 2003–2005 гг.).

За последние годы вышли в свет второе, переработанное и дополненное (2004), и третье, исправленное (2005), издания учебника «Неорганическая химия» с грифом Министерства образования РФ для подготовки бакалавров, магистров и дипломированных специалистов по агрономическим направлениям. В Издательстве академии вышло в двух частях учебное пособие «Вопросы и задачи по неорганической химии», авторы первой части — С.Н. Смарыгин, Н.Л. Багнавец, Г.М. Барашева, С.Л. Белопухов, И.В. Дайдакова, А.Л. Дмитриевский, В.В. Кузнецов, В.Д. Скопинцев; авторы второй части — С.Н. Смарыгин, А.В. Бочкарев. Для студентов, обучающихся по очно-заочной и заочной формам обучения, выпущено учебное пособие «Неорганическая химия. Решение задач», автор — С.Н. Смарыгин (2004). Для поступающих в академию выпущено в виде компакт-диска «Пособие по химии», авторы — С.Н. Смарыгин и И.В. Дайдакова.

В настоящее время на кафедре работают высококвалифицированные преподаватели: профессор, доктор биологических наук А.А. Ивлев, доценты кандидаты химических наук А.В. Бочкарев, С.Н. Смарыгин, Е.М. Шафирян, А.В. Жевнеров, Блиникова В.Д., кандидаты технических наук Багнавец А.Л. и Кауфман А.Л., кандидат биологических наук О.В. Елисеева, кандидат с.-х. наук И.И. Дмитриевская.

Кафедра осуществляет преподавание неорганической химии, аналитической химии, химии, химии окружающей среды, инструментальных методов анализа, физико-химических методов анализа, радиохимии, основ общей и неорганической химии. На кафедре обучаются студенты всех факультетов и всех курсов. По учебнику «Неорганическая химия», написанному Д.А. Князевым и С.Н. Смарыгиным и выдержавшему три издания, учатся студенты во всех сельскохозяйственных вузах и на факультетах почвоведения университетов России. На кафедре ведется научная работа по следующим направлениям: исследование влияния элементного и вещественного состава растений на качество сельскохозяйственной продукции; методика преподавания химии; разработка тест-методов определения биогенных элементов; разработка и внедрение в сельском хозяйстве новых защитно-стимулирующих комплексов.

### **Органическая химия**

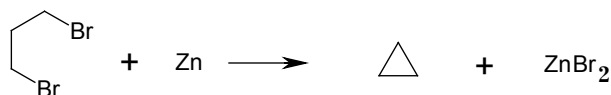
Кафедра органической химии была создана в Петровской академии в 1875 г. (с момента образования академии в 1865 г. она в течение 10 лет входила в состав объединенной химической кафедры) и в 2015 г. будет отмечать 140-летний юбилей.

Историю создания и развития научной школы органической химии условно можно разделить на 5 периодов. Во время первого периода были сформулированы и осуществлены на практике основные принципы проведения научных исследований и учебного процесса, заложены основы будущей научной школы химиков-органиков. Научные исследования сочетали фундаментальный и прикладной аспекты и проводились в двух направлениях: изучение способов получения и реакций веществ, относящихся к различным классам органических соединений (собственно органическая

химия), и изучение химии растений и почв (биохимия и агрохимия). Обучение студентов осуществлялось в соответствии с запросами высшей агрономической школы, сельского хозяйства, базировалось на интенсивной методической и научной работе преподавателей и сотрудников кафедры и предполагало высокий уровень преподавания теоретических и практических курсов. Такой подход к организации научной и педагогической работы кафедры оказался чрезвычайно плодотворным и сохранился до наших дней. Этому в значительной степени способствовало то, что за все время существования кафедры поддерживались преемственность в ее руководстве, причем коллектив постоянно возглавлял признанный лидер, традиции отечественной химической науки.

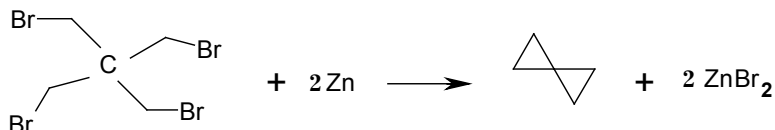
У истоков этой традиции стояли великие русские химики Д.И. Менделеев и А.М. Бутлеров, в лабораториях которых в течение 10 лет (после окончания в 1865 г. Петербургского университета) работал основатель научной школы органической химии в Петровской академии, выдающийся химик и педагог Гавриил Гаврилович Густавсон (1842–1908 гг.) [4]. Именно А.М. Бутлеров рекомендовал в 1875 г. молодого талантливого ученого возглавить кафедру в Петровской академии. Г.Г. Густавсон блестяще организовал на кафедре педагогическую работу и исследования в области органической химии, главную задачу которых он видел в изучении механизма органических реакций («Надо изучать химические процессы, а не отдельные вещества», — говорил он обыкновенно»), так описал научное кредо его ученик, академик Н.Я. Демьянов [42]. Главный итог пионерских исследований — реакция Густавсона, позволяющая получать циклопропан и различные гомологи этого циклического углеводорода [39] (схема 1).

Схема 1



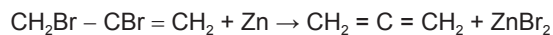
Из тетрабромид пентаэритрита был получен спиропентан [92] (схема 2).

Схема 2



Совместно с Демьяновым впервые синтезирован аллен [41] (схема 3).

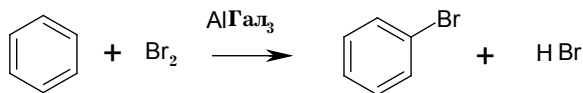
Схема 3



Исключительно важным оказалось второе направление исследований, связанное с изучением каталитического действия галоидных солей алюминия на различные химические реакции. Г.Г. Густавсон первым открыл каталитическое действие бромид-

да алюминия на реакцию бромирования бензола [37] (схема 4) и дал объяснение механизма реакции [38], опередив известных химиков Фриделя и Крафтса из Франции, предложивших аналогичные катализаторы для реакций алкилирования и ацилирования бензола. Поэтому такого типа реакции электрофильного замещения, приведенные на схемах 4 и 5, называют реакциями Густавсона-Фриделя-Крафтса [75].

Схема 4



Гал. = Cl, Br, I

В академии Г.Г. Густавсон составил первую программу по агрохимии и сельскохозяйственному анализу. Прочитанный им по этой программе курс был дважды издан под названием «Двадцать лекций агрономической химии» [40]. Данный курс стал классическим и служил основой преподавания агрохимии на кафедре до 1931 г.

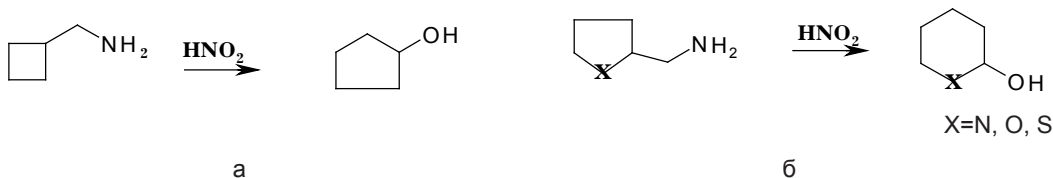
*Второй — 48-летний период* — явился расцветом научной школы и связан с именем выдающегося русского и советского химика-органика, академика (с 1929 г.) Николая Яковлевича Демьянова (1861–1938), которому профессор Г.Г. Густавсон, выйдя «в отставку», передал чтение курса лекций в 1891 г.

Н.Я. Демьянов руководил кафедрой почти полвека. За это время он создал школу химиков-органиков, которая стала одной из наиболее крупных и сильных в нашей стране, отличалась широким профилем исследований, была тесно связана с агрономией и биологией [67]. Такая школа возникла благодаря разносторонним интересам и энциклопедическим знаниям Н.Я. Демьянова. Еще в студенческие годы в Московском университете, изучая органическую химию, он выполнил и опубликовал научную работу под руководством знаменитого химика, профессора А.В. Марковникова. Одновременно Н.Я. Демьянов слушал лекции и работал в лаборатории профессора Н.Е. Ляковского — авторитета в агрономии и агрохимии, что позволило впоследствии организовать на кафедре работы по сельскохозяйственному анализу.

Основное достижение школы Н.Я. Демьянова в области органической химии — это открытая в 1903 г. перегруппировка: расширение (схема 5 а, б) или сужение (схема 6) алициклов на один атом углерода при дезаминировании первичных аминов азотистой кислотой [43, 93]. Перегруппировка Демьянова — первая в органической химии реакция взаимных превращений циклических молекул.

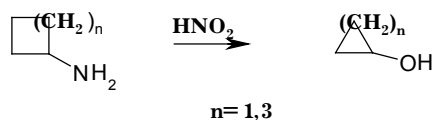
Схема 5

Расширение циклов





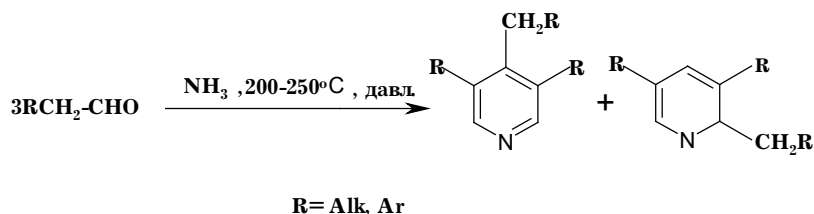
**Схема 6**  
**Сужение циклов**



Многолетнее изучение этой реакции позволило Н.Я. Демьянову распространить ее на гетероциклические соединения (схема 5 б) и терпены, вовлечь в реакцию расширения трех- восьмичленные циклы, а в реакцию сужения — четырех- и шестичленные циклы. Реакция Демьянова широко применяется для построения сложных органических полициклических молекул [63].

Яркая страница в истории школы органической химии связана с именем выдающегося русского химика-органика Е.А. Чичибабина (1871–1945), который работал ассистентом на кафедре в течение 10 лет (1900–1909 г.г.) одновременно являясь приват-доцентом Московского университета. В этот период А.Е. Чичибабин открыл новый синтез пиридинов [84] (схема 7) и выполнил работу по изучению реакционной способности хинолинов и пиридинов [85].

**Схема 7**



С середины 20-х гг. XX в. Н.Я. Демьянов с многочисленными учениками развернул на кафедре систематическое изучение природных веществ растительного и животного происхождения. Эти исследования имели большое теоретическое и практическое значение. Так, совместные работы по поиску отечественных эфирно-масличных растений и по химии эфирных масел, проводившиеся на кафедре и в биохимической лаборатории Никитского ботанического сада, создали советскую эфирно-масличную промышленность. В 1926 г. Н.Я. Демьянову и в 1930 г. его ученику В.В. Вильямсу за блестящие экспериментальные работы в области органической химии Русское физико-химическое общество присудило большую премию имени А.М. Бутлерова, а в 1929 г. правительство удостоило академика Н.Я. Демьянова премии имени В.И. Ленина. Эти награды подтвердили ведущую роль школы органической химии Академии в стране.

В начале 30-х гг. при кафедре была создана биохимическая научно-исследовательская станция, работа которой продолжалась до 1941 г. Под руководством В.В. Вильямса и при непосредственном участии Н.Я. Демьянова коллектив станции исследовал состав новых жирных и эфирных масел. Были разработаны методы получения веществ, необходимых для пищевой промышленности (ванилин, кумарин, эвгенол и др.), а также методы переработки растительного сырья.



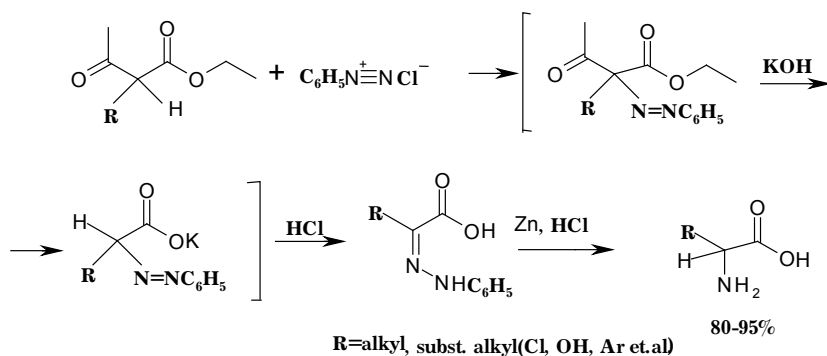
Успешная научно-исследовательская работа коллектива кафедры сочеталась с созданием учебников, монографий, руководств, пособий (всего около 20), среди которых необходимо отметить учебники «Органическая химия» и «Сельскохозяйственный анализ» Н.Я. Демьянова; «Эфирные масла, их состав и анализ» Н.Я. Демьянова, В.И. Нилова и В.В. Вильямса; «Химия растительных веществ» Н.Я. Демьянова и В.В. Феофилактова. Все перечисленные и большинство других изданий были первыми в нашей стране пособиями для студентов и научных работников, что существенно способствовало воспитанию новых научных кадров. В юбилейном сборнике, изданном АН СССР в 1934 г. к 45-летию научно-педагогической деятельности Н.Я. Демьянова, выдающийся химик академик А.Е. Фаворский написал: «По своим заслугам перед наукой Н.Я. Демьянов занимает среди наших химиков-органиков одно из первых мест» [1].

После смерти Н.Я. Демьянова в 1938 г. начался *третий период* истории кафедры (1938–1965 гг.). Лидером коллектива стал ученик Н.Я. Демьянова — профессор Николай Васильевич Вильямс (1899–1946 гг.). Деятельность Н.В. Вильямса протекала в тяжелой военной обстановке, в условиях эвакуации кафедры в Узбекистан. Благодаря незаурядному организаторскому таланту Н.В. Вильямс сумел обеспечить высокое качество преподавания, дальнейшее развитие начатых при Н.Я. Демьянове научных исследований и выполнение специальных заданий, продиктованных военным временем.

После скоропостижной кончины Н.В. Вильямса эстафета лидера научной школы перешла к одному из учеников Н.Я. Демьянова — крупному ученому, профессору Валентину Васильевичу Феофилакову (1891–1956 гг.). Как и его предшественники, В.В. Феофилаков строго соблюдал традиции кафедры, уделял большое внимание научно-исследовательской работе и совершенствованию педагогического процесса. Являясь одним из пионеров в области исследований биологически активных веществ, В.В. Феофилаков организовал работу по синтезу различных групп этих соединений. В результате исследований были разработаны эффективные методы получения ауксинов (гетероауксина и индолилмасляной кислоты), гербицидов: 2,4-дихлорфеноксиуксусной (2,4-Д) и 2-метил-4-хлорфеноксиуксусной кислот.

Значительные усилия прилагал В.В. Феофилаков по расширению области применения открытого им способа синтеза  $\alpha$ -аминокислот [79]. Этот способ заключается в восстановлении арилгидразонов, образующихся при взаимодействии алкилацетоуксусных эфиров с солями фенилдиазония, и носит название «Метод Феофилактова» (схема 8).

Схема 8



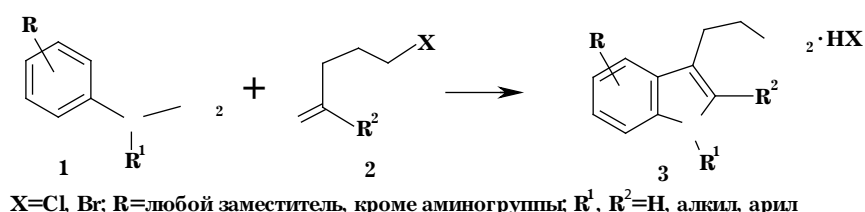
В 1946–1955 гг. В.В. Феофилактов руководил отделом химии в ВИЛАР, где при его участии были проведены исследования флоры СССР на содержание алкалоидов и гликозидов. Результатом работ явилось создание новых отечественных сердечных лекарственных препаратов: «Нериолин» и «Кендозид».

После смерти В.В. Феофилактова коллектив возглавил еще один талантливый ученик Н.Я. Демьянова — старший брат Н.В. Вильямса профессор Василий Васильевич Вильямс (1897–1965 г.г.). В эти годы были возобновлены работы по изучению перегруппировки Демьянова на примере шестизвенных азотистых гетероциклов, действию оксидов азота на глицидные эфиры. Большое внимание В.В. Вильямс обращал на исследования, связанные с перегнойными кислотами почв. В результате напряженной многолетней работы удалось разработать хроматографический метод разделения и фотометрический метод количественного определения фульвокислот [14]. С 1948 по 1962 гг. В.В. Вильямс был деканом факультета почвоведения и агрохимии, приложив много творческих сил для повышения качества подготовки специалистов, развитию материальной и научно-технической базы факультета.

Итак, в 1938–1965 гг., несмотря на объективные трудности, удалось сохранить богатый научный и кадровый потенциал школы.

Весьма плодотворным в истории научной школы оказался *четвертый период*, связанный с именем талантливого выпускника Московского университета — профессора, заслуженного деятеля науки РФ Игоря Иогановича Грандберга (1930–2011). И.И. Грандберг возглавил кафедру в 1965 г. и руководил ею в течение 30 лет. В эти годы научная и педагогическая работа на кафедре отвечает самым высоким требованиям, предъявляемым к уровню проводимых исследований и их организации, к качеству подготовки специалистов, росту квалификации сотрудников. Следуя традиции, существующей со дня образования кафедры, И.И. Грандберг организовал научную работу как в области органической химии, так и в смежных областях. С этой целью было создано несколько исследовательских групп, в состав которых входили преподаватели, сотрудники и аспиранты кафедры. В группе, руководимой И.И. Грандбергом, изучали реакционную способность азотсодержащих гетероциклов. В ходе исследований была открыта новая реакция (И.И. Грандберг, Т.И. Зуянова, Н.И. Афолина, Т.А. Иванова), позволяющая в одну стадию получать важнейшие биологически активные соединения индольного ряда — триптамины [26] (схема 9).

Схема 9



На основе этой реакции были разработаны методы синтеза азатриптаминов [35, 36], триптофолов и гомотриптофолов [21, 31, 32]. Аналогично синтезированы гомотриптамины [24, 25], эзериновые структуры [28, 29], гомозеролины и эхиболины [22, 30], физовенины [23, 77, 78], β-карболины [34].

При изучении механизма реакции Грандберга [27] и механизма реакции индолизации арилгидразонов по Фишеру [20] было установлено, что указанные перегруппировки принадлежат согласованным процессам и протекают по схеме кислотнокатализируемого [3,3]-сигматропного сдвига. Этот вывод оказался весьма полезным и позволил объяснить, предсказать и осуществить ряд реакций [68]. Важные в теоретическом и прикладном аспектах результаты получены группой И.И. Грандберга в 90-е годы. При изучении химии 7-аминокумаринов (исследованиями в этой области руководил М.А. Кирпиченок, защитивший в 1991 г. докторскую диссертацию по этой теме) были обнаружены соединения, оказавшиеся эффективными в качестве сред для лазерной техники [51–53], удалось синтезировать ряд новых, перспективных в биологическом плане производных пиразола, индола, триптамина [33, 65].

Главное научное достижение школы И.И. Грандберга в органической химии — открытие реакции, впоследствии названной именем лидера школы, и разработка на ее основе методов синтеза триптамина и их производных. По существу было создано новое направление в химии гетероциклических соединений.

Важную роль в успешном проведении научных исследований на кафедре сыграли группа масс-спектрометрии (1968–1982 гг., руководитель профессор Р.А. Хмельницкий) и сервисная лаборатория физико-химических методов исследования органических соединений (с 1968 г. ею руководили Н.Г. Ярышев, Ю.М. Удачин, П.Б. Курапов, М.А. Кирпиченок, Л.А. Карандашова).

Масс-спектральная группа выполнила ряд важных и интересных работ в области органической масс-спектрометрии азотистых гетероциклов: индолов, пиразолов, триптамина (Р.А. Хмельницкий, Н.А. Клюев, В.И. Высоцкий, К.Г. Жигулев, Е.А. Кунина, Ю.В. Шурухин) и по анализу сложных многокомпонентных смесей, выделенных из природных объектов. По результатам этих работ Р.А. Хмельницкий защитил в 1971 г. докторскую диссертацию.

Сервисная лаборатория, оснащенная ИК-, УФ-, ЯМР- и масс-спектрометрами, приборами для жидкостной и газожидкостной хроматографии, могла осуществлять комплексное изучение структуры индивидуальных органических молекул и смесей органических веществ. Этой возможностью постоянно пользовались не только химики, но и ученые других специальностей, которым необходимо было решить определенную сельскохозяйственную проблему с помощью методов современной органической химии. Об эффективности работы сервисной лаборатории говорит число выполненных анализов — более 30 тыс.

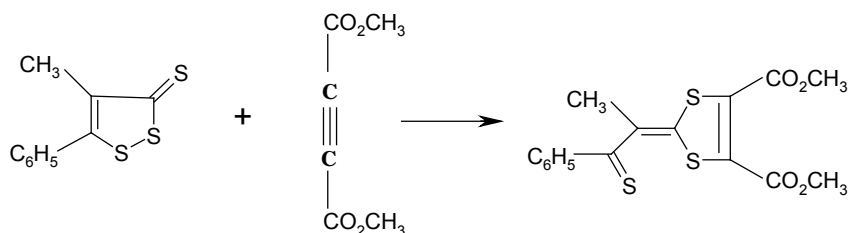
Проблемы, непосредственно связанные с сельскохозяйственными науками, решали группы под руководством доцентов Н.К. Семеновы и Л.Б. Дмитриева. Работы Н.К. Семеновы (до 1981 г.) продолжали начатые В.В. Вильямсом исследования, посвященные выделению, фракционированию, установлению строения и классификации гуминовых кислот различных почв [74]. Л.Б. Дмитриев с сотрудниками провел классические исследования (методами ГЖХ и хромато-масс-спектрометрии) состава эфирных масел ряда эфирномасличных культур [44, 50, 94]. На основе полученных результатов создана уникальная компьютерная база данных, позволяющая определять основные компоненты любого эфирного масла.

Кафедра постоянно уделяла большое внимание безопасности применения пестицидов, поэтому в 90-х гг. прошлого века была изучена фотохимическая устойчивость действующих веществ и препаративных форм целого ряда соединений: базгран, фюзилад, зеллек, лонтрел, триклопир и др [11, 12, 64].

Второй группой химиков-органиков с 1965 г. руководил профессор (с 1970 г.) Виктор Николаевич Дрозд (1936–1997 гг.).

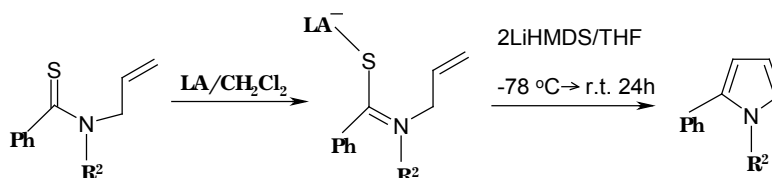
В.Н. Дрозд — известный химик-органик, выпускник химфака МГУ, ученик выдающегося советского химика академика А.Н. Несмеянова — пришел в академию в 1965 г. по приглашению И.И. Грандберга. Группа В.Н. Дрозда занималась разработкой фундаментальных проблем теоретической и синтетической органической химии (Л.И. Зефирова, Л.А. Никонова, Х.А. Пак, О.П. Трифонова, Т.Р. Сакс). В докторской диссертации (1970 г.), посвященной исследованию механизма внутримолекулярного ароматического нуклеофильного замещения, В.Н. Дрозд впервые нашел решение ряда принципиальных вопросов теории замещения в ароматическом ядре [95]. Логичным развитием этих исследований стала серия работ по изучению спироциклических комплексов Мейзенгеймера [46, 47, 98] и реакций циклоприсоединения [45, 48, 49]. Значительные успехи были достигнуты при изучении перициклических реакций производных дитиокарбоновых кислот. Открыта новая реакция циклоприсоединения аллиловых эфиров дитиокарбоновых кислот к ацетиленам [97] (схема 10).

Схема 10



Обнаружена оригинальная реакция аллиловых эфиров дитиокарбоновых кислот с тетрацианоэтиленом, приводящая к дитиобицикло[3,2,1]октанам [99]. Описаны новые общие методы синтеза замещенных пирролов из N-аллиламидиниевых и тиоамидиниевых солей [102] (схема 11), тетрафторборатов 1,3,4-тиадиазолия из дитиоацилгидразинов [103].

Схема 11



Символично, что статью «Правило Марковникова» в последнем издании Химической энциклопедии (1990 г.) [81] редакция поручила написать именно профессору кафедры органической химии В.Н. Дрозду. Традиции сохраняются: около 100 лет назад ученик В.В. Марковникова Н.Я. Демьянов возглавил эту кафедру в Петровской академии.

Профессор В.Н. Дрозд стал руководителем кафедры в 1995 г., когда профессор И.И. Грандберг освободил эту должность по достижении 65-летнего возраста в соответствии с уставом академии, и возглавлял ее в течение 2-х лет.

С 1997 по 2005 гг. кафедрой заведовал ученик профессора В.Н. Дрозда — профессор (с 1986 г.) Виктор Николаевич Князев (1942–2005). Он окончил один из старейших химических вузов России — МХТИ имени Д.И. Менделеева — и начал работать на кафедре в группе В.Н. Дрозда в 1972 г. В.Н. Князев выполнил серию оригинальных работ, в которых изучил образование и химическое поведение спироциклических анионных комплексов Мейзенгеймера — стабильных структур, моделирующих переходное состояние при ароматическом нуклеофильном замещении [54, 80, 96]. Этот цикл работ составил основу его докторской диссертации (1983 г.). В дальнейшем профессор В.Н. Князев значительное внимание уделил изучению нового класса органических веществ — фуллеренов, бурно развивающемуся в тот период разделу органической химии. В результате проведенных исследований обнаружены новые продукты реакции циклоприсоединения нитрилоксидов к фуллерену [55, 56].

Работы профессоров В.Н. Дрозда и В.Н. Князева внесли большой вклад в развитие теории органической химии, в частности, в понимание механизма ароматического нуклеофильного замещения. Они цитируются в современных обзорах, посвященных этой проблеме [18].

В 2005–2011 гг. (до объединения с кафедрой физической и коллоидной химии) коллективом руководил ученик профессора И.И. Грандберга — выпускник МГУ (1966), доктор химических наук Николай Михайлович Пржевальский. В работах Н.М. Пржевальского получило развитие новое направление в химии гетерогексадиенов-1,5. Предложен единый теоретический подход (сигматропные перегруппировки этих соединений) к поиску новых путей конструирования гетероциклических соединений с полезными свойствами, изучению механизма реакций.

Гетерогексадиены-1,5 были использованы в качестве исходных веществ для синтеза потенциально биологически активных азот- и серасодержащих гетероциклов: индолов, тиadiaзолов, тиопиразолонов и др. [66, 71] (схема 12).

Также были синтезированы новые производные индола со связью C-3 — гетероатом (N, O, S) [72], среди которых обнаружены соединения с ауксиновой активностью [70].

Новое перспективное направление, развиваемое химиками-органиками университета, заключается в применении идей мультикомпонентного синтеза для получения сложных гетероциклических систем пиридинового, пиримидинового и пиранового рядов. Среди сотрудников кафедры первым использовал этот метод синтеза талантливый ученый — доцент И.В. Магедов, безвременно ушедший из жизни в 2013 г. В настоящее время способ реализуют в своих работах профессор Н.М. Пржевальский, доценты Г.П. Токмаков, Н.Л. Нам, И.В. Лукина, старшие преподаватели Е.Н. Рожкова и П.Ю. Углинский, соискатель Р.К. Лайпанов. Направление является крайне актуальным, поскольку тесно связано с медицинской химией.

С помощью трехкомпонентного синтеза были получены дигидропиридопиразолы [73, 100, 101], пирано[3,2-с]пиридоны [69], обнаружившие заметную цитотоксическую активность, а также пиранопиридоны с фрагментом триптамина (схема 13) [62].

О мировом уровне работ, выполняемых на кафедре, свидетельствуют гранты, полученные сотрудниками кафедры на конкурсах, проводимых в 1994–2009 гг. Российским фондом фундаментальных исследований, Институтом «Открытое общество (Фонд Сороса)», Фондом интеллектуального сотрудничества. В новейший период (с 1965 г.) на кафедре подготовлено более 50 кандидатов наук, защищено 5 докторских диссертаций, опубликовано более 850 статей в отечественных и зарубежных

Схема 12

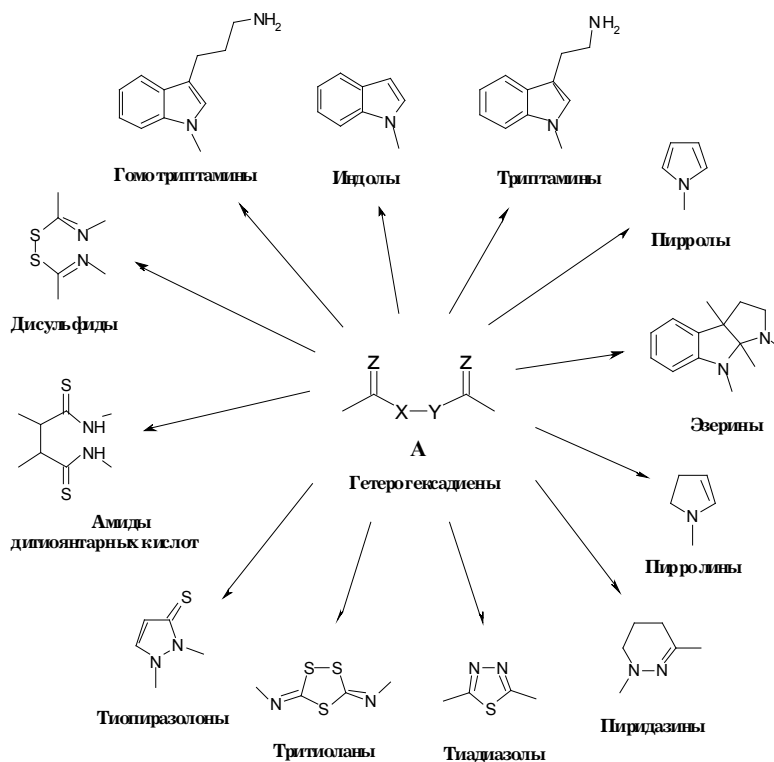
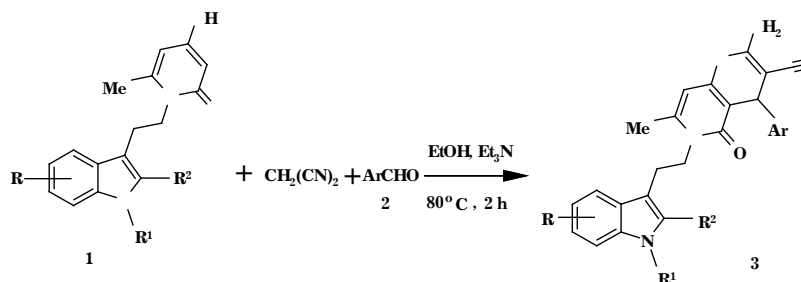


Схема 13



журналах (в том числе обзоры в монографиях), получено свыше 50 авторских свидетельств на изобретения. Ученые кафедры сделали ряд пленарных докладов на Менделеевских съездах, международных и отечественных симпозиумах и конференциях. О мировом признании школы органической химии в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева свидетельствуют 6 именных реакций ее лидеров.

Студенты нескольких поколений, обучающихся на сельскохозяйственных и биологических специальностях, пользуются превосходными учебниками: «Органическая химия» и «Практические работы и семинарские занятия по органической химии» профессора И.И. Грандберга. Учебники выдержали 8 изданий (последнее



вышло в 2013 г., как и предыдущее, в соавторстве с доцентом Н.Л. Нам). Многие выпускники кафедры в настоящее время руководят научными коллективами, лабораториями, фирмами.

Таким образом, в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева функционирует и успешно продолжает развиваться школа химиков-органиков, получившая признание в России и за ее пределами.

### **Физическая и коллоидная химия**

Одним из инициаторов организации кафедры физической химии был академик АН СССР И.А. Каблуков, имя которого неразрывно связано с историей развития физической химии в России. Многочисленные научные исследования И.А. Каблукова посвящены разнообразным вопросам физической химии. Так, его исследованиями в области электрохимии неводных растворов было установлено, что электрическая проводимость электролитов в органических растворителях аномально изменяется, и проводимость таких растворов резко увеличивается при разбавлении водой спиртовых растворов, а это позволяет предположить наличие химического взаимодействия между растворителем и растворимым веществом.

Практические работы И.А. Каблукова по применению метода термического анализа для изучения взаимного обмена солей в расплавах, по физико-химическому анализу и химии минеральных удобрений, комплексным соединениям нашли широкое применение в сельскохозяйственной практике. Его научные статьи по термохимии, термодинамике и другим разделам физической химии имели мировое признание, а по учебникам и учебным пособиям И.А. Каблукова «Основные начала физической химии», «Правило фаз» (совместно с Е.Н. Гапоном и М.А. Гриндель), «Термохимия» обучались и обучаются студенты аграрных и химических вузов страны.

М.А. Гриндель и И.Н. Заозерский организовали практикум по физической и коллоидной химии для желающих ознакомиться с этой дисциплиной.

В течение ряда лет Н.Я. Демьянов, заведующий кафедрой органической химии, читал курс «Физико-химические основы биологической и агрономической химии». В этом курсе рассматривались теоретические и экспериментальные методы изучения физико-химических явлений, теория растворов, учение о коллоидах и др.

Академик В.Р. Вильямс, выполнивший несколько работ в области физики и химии почв, дал очень удобную систематику дисперсных систем.

В своей лекции студентам Тимирязевской академии весной 1927 г. В.Р. Вильямс говорил: «Наша ударная задача, задача всего отделения почвоведения и агрохимии, по возможности, скорее создать кафедру коллоидной химии, чтобы она пустила всю химию на правильные рельсы» [10].

В силу назревшей необходимости осенью 1930 г. был объявлен конкурс на должности профессора коллоидной химии и доцента физической химии. По конкурсу руководителем кафедры коллоидной химии был избран доцент М.К. Домонтович, кафедры физической химии — профессор Е.Н. Гапон.

М.К. Домонтович, ученик Д.Н. Прянишникова, работал в области изучения коллоидных свойств растительных веществ. Стажировался в лаборатории профессора Фрейндлиха — одного из крупнейших ученых в области коллоидной химии. После смерти М.К. Домонтовича заведующим кафедрой был назначен доцент С.Н. Алешин.

В 1933 г. была организована кафедра физической и коллоидной химии под руководством профессора Е.Н. Гапона. В связи с особенностями изложения физиче-

ской и коллоидной химии в сельскохозяйственных вузах был создан учебник под общей редакцией И.А. Каблукова (авторы И.А. Каблуков, Е.Н. Гапон, М.А. Гриндель). Первое издание вышло в 1935 г., второе — в 1938 г. [15].

Е.Н. Гапон выполнил ряд экспериментальных и теоретических работ по кинетике химических реакций (скорость полимеризации, кинетика кристаллизации) и получил за них ученую степень доктора химических наук без защиты диссертации в 1936 г. В 1931–1933 гг. опубликовано несколько работ Е.Н. Гапона по теории атомного ядра [90, 91]. Около 40 научных работ Е.Н. Гапона и его сотрудников посвящены вопросам физикохимии почв [16, 17]. Эти работы связаны с тем направлением в почвоведении и агрономической химии, которое создано трудами К.К. Гедройца, творца учения о поглотительной способности почв, и Г. Вигнера. Были изучены закономерности обмена катионов и анионов в почвах, почвенная кислотность, различные виды поглотительной способности почв, дана современная классификация видов поглотительной способности почв, разработаны методы определения обменной и гидролитической кислотности почв, изучены адсорбционные свойства алюмосиликатов и, в частности, вопрос об алюмосиликатах как слабых ацидоидах и др.

Несколько работ Е.Н. Гапона посвящено теории растворов, в частности, методу определения степени гидратации. За них в 1931 г. Русское физико-химическое общество присудило Е.Н. Гапону Малую премию имени Д.И. Менделеева. Остальные работы Е.Н. Гапона связаны с изучением некоторых вопросов физической и коллоидной химии (жидкое и твердое агрегатное состояние, устойчивость коллоидных систем, синерезис, распределение вещества между двумя несмешивающимися растворителями).

До настоящего времени учебно-методические и научно-исследовательские разработки и идеи Гапона не потеряли своей актуальности и используются преподавателями кафедры в учебном процессе и научно-исследовательской работе.

Е.Н. Гапон сыграл большую роль в жизни многих ученых Тимирязевки. Со времен работы в Харькове он был знаком с Д.Д. Иваненко, который по инициативе Е.Н. Гапона был приглашен в академию в 1944 г., став заведующим кафедрой физики.

Решающую роль Е.Н. Гапон сыграл в научном становлении В.В. Рачинского, в будущем заведующего кафедрой прикладной атомной физики и радиохимии. Е.Н. Гапону совместно с супругой Т.Б. Гапон принадлежит идея по применению метода радиоактивных индикаторов в хроматографии и развитии теории ионного обмена при исследовании распределения ионов непосредственно в колонке сорбента на разных стадиях динамики сорбции. В.В. Рачинский совместно с Е.Н. Гапоном осуществил эту идею на практике. Они изучили динамическое распределение меченых изотопом фосфора-32 фосфат-ионов в колонках анионно-обменной окиси алюминия.

В 1950 г. исполняющим обязанности заведующего кафедрой физической и коллоидной химии был назначен доцент С.Н. Алешин. В 1952 г., после защиты докторской диссертации, С.Н. Алешин был избран заведующим кафедрой. С.Н. Алешин совместно с сотрудниками кафедры (доценты Т.Н. Черникова, З.А. Кручинина, А.Н. Иванов и др.) выполнил ряд работ по физико-химии почв: была разработана методика определения емкости поглощения почв, адсорбции анионов, проведены работы по изучению почвенной кислотности, теории электролиза и др. Методика определения емкости поглощения почв, разработанная С.Н. Алешиним, вошла в ряд практических руководств по агрохимии и химии почв [2, 3].

Под руководством С.Н. Алешина научная работа на кафедре развивалась в 3-х направлениях. Научная группа под руководством доцента А.И. Курбатова занималась вопросами химии почвенных коллоидов. Особое значение уделяли изучению роли электростатического фактора в генезисе и мелиорации засоленных почв. В группе А.И. Курбатова работали М.М. Овчаренко, Н.А. Гурьева, В.В. Окорков, Рабиндра Натх (Индия), П.П. Гончаров, З.Р. Токов, Т.В. Шнее [86].

Второе научное направление — разработка диагностических показателей гумусного состояния почв в условиях техногенеза под руководством В.А. Черникова. В группе работали В.А. Касатиков, В.А. Раскатов, И.Г. Правдолюбов, А.Ю. Томащук, С.Э. Старых, В.А. Кончиц, О.А. Птицина, О.А. Аристова, С.Н. Булычев. На основании данных физико-химических методов анализа были предложены диагностические показатели: отношение Н/С, О/С, показатель Z и другие, которые могут быть использованы в почвенном мониторинге.

Под руководством С.Н. Алешина проводились работы по изучению роли поверхностно-активных веществ в сельскохозяйственной практике, по изучению адсорбции атразина различными типами почв (М.В. Хлебникова, Л.П. Юдина).

В 1973 г. заведующим кафедрой был избран профессор, доктор химических наук Р.А. Хмельницкий, которого по праву считают одним из основателей органической масс-спектрометрии в стране.

При кафедре была организована научная лаборатория, сотрудники которой под руководством Р.А. Хмельницкого разработали метод пиролитической масс-спектрометрии (ПМС) гумусовых веществ. В эти годы проводятся исследования масс-спектрального поведения разнообразных органических серо- и азотсодержащих соединений. Начинаются работы по изучению гумуса почв, деструкции полимерных материалов. В соавторстве с Е.С. Бродским выпускаются монографии «Пиролитическая масс-спектрометрия высокомолекулярных соединений» (1980 г.), «Хромато-масс-спектрометрия» (1984 г.), «Масс-спектрометрия загрязнений окружающей среды» (1990 г.). Для студентов сельскохозяйственных вузов Р.А. Хмельницкий пишет учебники: «Физическая и коллоидная химия» (1988 г.) и «Современные методы исследования сельскохозяйственных объектов» (1981 г.) [82, 83].

Постоянное и большое внимание кафедра уделяла учебному процессу. Лаборатории кафедры были оснащены современными приборами для проведения физико-химических исследований объектов сельскохозяйственного производства. Каждая задача лабораторного практикума построена таким образом, что студенты выполняют по сути научно-поисковую работу. Лабораторные работы практикума охватывают основные разделы физической и коллоидной химии: потенциометрия, электрическая проводимость растворов, термохимия, адсорбция, определение окислительно-восстановительного потенциала, электрофорез, кулонометрия, спектрофотометрия и др.

В 1994 г. на должность заведующего кафедрой был избран профессор А.И. Курбатов, защитивший в 1992 г. докторскую диссертацию на тему «Роль электростатического фактора в генезисе и мелиорации солонцов».

Основной научной проблемой, которой занимался в этот период коллектив кафедры, было изучение состава и строения почвенного поглощающего комплекса (минеральной и органической его части) с широким использованием физико-химических методов анализа. Были достигнуты значительные успехи в области исследования гумусовых соединений почв, а именно:

– впервые проведены исследования фракции гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) различных типов почв государств СНГ с применением комплекса методов физико-химического анализа;

- с применением термического анализа показана разнокачественность стабильных и нестабильных фрагментов ГК и ФК, а также предложен количественный показатель для оценки соотношения этих фрагментов в гумусовых соединениях;
- впервые разработана высокоинформативная методика анализа структурно-группового состава кислород- и азотосодержащих соединений гумусовых кислот с помощью ПМС.

Целью исследования гумусовых соединений комплексом методов физико-химического анализа является разработка приемов диагностики состояния гумуса под влиянием факторов техногенеза. Например, исследование гумусовых соединений различных вариантов 60-летнего опыта Д.Н. Прянишникова показало, что в ГК варианте «Бессменный пар» в течение 60-летнего парования произошли существенные качественные изменения, заключающиеся в отрыве мостиковых, слабосвязанных структур при относительном накоплении стабильных фрагментов [58–61].

В исследованиях сотрудников кафедры было установлено, что при величине электрокинетического потенциала 18–22 мВ размеры почвенных частиц близки к размерам коллоидных частиц. При этом чем выше дзета-потенциал, тем более устойчивой является коллоидная система. Это имеет большое значение в почвоведении, так как почвы, имеющие значительное количество коллоидных частиц, например, солонцы, характеризуются слабыми водно-физическими свойствами.

Мелиорация солонцов рассчитана на улучшение их водно-физических свойств, т.е. на уменьшение величины дзета-потенциала коллоидов и их последующую коагуляцию.

Для расчета доз мелиорантов применяют несколько методов. Сотрудниками кафедры установлено, что наиболее эффективными являются дозы, рассчитанные по снижению дзета-потенциала до величины ниже критической — 18 мВ.

С 2002 по 2007 гг. кафедрой руководила доцент, кандидат биологических наук Светлана Эдуардовна Старых. Под ее руководством проводились научно-исследовательские работы по разработке системы показателей гумусового состояния почв для дерново-подзолистой почвы различного уровня плодородия в условиях влияния природных и антропогенных факторов [76, 87, 88]. Сотрудниками кафедры проводилась большая учебно-методическая работа, выпущены их рабочие программы и тетради, методические пособия, новая редакция «Практикума по физической и коллоидной химии» (2007 г.).

С 2007 г. заведующим кафедрой стал профессор, доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный изобретатель Российской Федерации, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники Сергей Леонидович Белопухов.

В настоящее время на кафедре продолжают исследования по изучению гумусового состава различных типов почв. Начато изучение физико-химических, физико-механических характеристик натуральных и синтетических волокон, материалов на их основе [57]. Разрабатываются новые перспективные защитно-стимулирующие комплексы (ЗСК) для обработки сельскохозяйственных культур, прежде всего — прядильных. Проводятся физико-химические исследования состава и свойств ЗСК, почв, продуктов переработки сельского хозяйства, объектов окружающей среды. В соавторстве с учеными других институтов изданы монографии С.Л. Белопухова «Натуральные волокна в современных технических материалах» (2007 г.), «Защитно-стимулирующие комплексы в льноводстве» (2008 г.), «Нанотехнологии и наноматериалы в сельском хозяйстве» (2008 г.) [9, 19].

Сотрудники кафедры принимают участие в работах по программам Министерства сельского хозяйства по повышению плодородия почв и развитию сельско-

го хозяйства в период 2008–2012 гг., а также 2013–2020 гг. Разработаны наукоемкие технологии производства и высокоэффективной переработки льноволокна, в т.ч. производства из волокна высококачественных сорбентов и кормовых добавок для крупного рогатого скота, технология использования модифицированного льноволокна для производства целлюлозы. Показано, что произведенное с использованием защитно-стимулирующих комплексов модифицированное льняное волокно обладает повышенной сорбционной емкостью, а отходы после его перетеса многократно могут быть использованы для очистки сточных вод от загрязняющих компонентов: масел, нефтепродуктов, стоков животноводческих производств, тяжелых металлов.

Оригинальность и научная новизна разработок, полученных при участии сотрудников кафедры за последние годы, подтверждены 20 патентами на изобретения. По результатам работ опубликовано более 150 статей в международных и академических журналах, сборниках. Разработанные материалы, изделия и технологии демонстрировались на международных (Беларусь, Болгария, Казахстан, Китай) и федеральных выставках-ярмарках, где были удостоены 8 золотых, 2 серебряных и одной бронзовой медалей, отмечены более 40 дипломами.

На кафедре работали и продолжают трудиться высококвалифицированные преподаватели: профессор д. с.-х. н. Белопухов С.Л.; доценты к. б. н. Старых С.Э., к. б. н. Шнее Т.В., к. т. н. Семко В.Т., к. х. н. Немировская И.Б., к. б. н. Федорова Т.А., к. т. н. Моргунов А.В., к. б. н. Будажапова М.Ж. В последние годы изданы их «Практикум по физической и коллоидной химии» (2012), «Химический словарь по физической и коллоидной химии» (2012), «Сборник задач по физической и коллоидной химии» (2012) [6, 7].

Кафедра активно участвует в инновационном образовательном проекте. Разработаны учебно-методические комплексы по курсу «Физическая и коллоидная химия», «Физико-химические методы исследований биологических объектов», «Химическая сертификация сельскохозяйственной продукции», «Нанотехнологии и наноматериалы в сельском хозяйстве». На кафедре проходят обучение студенты магистратуры по направлению 110100.68 «Агрохимия и агропочвоведение» по программе «Химико-токсикологический анализ и оценка объектов агросферы».

Студенты разных курсов и факультетов участвуют в выполнении научно-исследовательских работ, непосредственно связанных с научными интересами кафедры. На студенческих научных конференциях РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева многие работы занимают призовые места. Лучшие научно-практические работы студентов на всероссийских выставках НТТМ отмечены Золотыми медалями ВВЦ (Кондратьева Н.С., Гришина Е.А., Сушкова Л.О.) и дипломами ВВЦ (Яшин М.А., Орджоникидзе К.Г., Перова В.).

Со времени основания кафедры опубликовано более 1000 научных работ сотрудников. Защищены четыре докторских и более 60 кандидатских диссертаций.

### **Заключение**

Представленный материал показывает, что химические школы неорганической и аналитической химии, органической химии, физической и коллоидной химии были созданы в академии выдающимися российскими учеными, внесшими огромный вклад в отечественную и мировую науку. Нынешнее поколение ученых-химиков РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева поддерживает традиции своих предшественников, обеспечивая качественную подготовку специалистов АПК и проведение научных исследований на высоком современном уровне.



## Библиографический список

1. Академик Николай Яковлевич Демьянов: (к 45-летию научной и педагогической деятельности. 1887–1933 гг.). 1934. Л.: Изд-во АН СССР. 67 с.
2. *Алешин С.Н., Курбатов А.И.* Физико-химические исследования почвенного поглощающего комплекса почв сухих степей // Известия ТСХА. 1966. Вып. 2. С. 116–127.
3. *Алешин С.Н., Курбатов А.И.* Анализ удобрений с помощью термографии // Агрохимия. 1964. № 11. С. 100–103.
4. *Баутин В.М., Дубенок Н.Н., Пржевальский Н.М.* Профессор Петровской земледельческой и лесной академии Г.Г. Густавсон // Достижения науки и техники АПК. 2005. № 7. С. 23.
5. *Баутин В.М., Смартыгин С.Н., Глазко В.И.* Иван Алексеевич Каблуков. Выдающиеся ученые (выпускники, профессора) Петровской (Тимирязевской) академии, Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева: Материалы к библиографии. М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2009. 76 с. + 12 с. вкл.
6. *Белопухов С.Л., Шнее Т.В., Старых С.Э.* Физическая и коллоидная химия. Лабораторный практикум. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2009. 230 с.
7. *Белопухов С.Л., Глазко В.И., Старых С.Э., Будажапова М.Ж.* Химический словарь. Физическая, коллоидная и нанохимия. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. 248 с.
8. *Белопухов С.Л., Захаренко А.В., Корсун Н.Н., Фокин А.В., Самойлов В.П., Смирнов Н.А.* Защитно-стимулирующие комплексы в льноводстве М.: Изд-во ИКАР, 2008. 224 с.
9. *Белопухов С.Л., Буряков Н.П., Шнее Т.В.* Химическая сертификация сельскохозяйственной продукции. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. 160 с.
10. *Белопухов С.Л., Старых С.Э.* Кафедра физической и коллоидной химии // Агрохимический вестник. 2009. № 1. С. 19–20.
11. *Бродский Е.С., Клюев Н.А., Довгилевич А.В., Смирнова О.Б., Грандберг И.И.* Хромато-масс-спектрометрический анализ продуктов фоторазложения гербицида дихлофоп-метила // Известия ТСХА. 1992. Вып. 6. С. 148.
12. *Бродский Е.С., Клюев Н.А., Довгилевич А.В., Смирнова О.Б., Грандберг И.И.* Фотохимические превращения действующего вещества гербицида гоала // Известия ТСХА. 1993. Вып. 1. С. 144.
13. *Вернадский В.И.* Труды по истории науки в России. М, 1988. С. 65.
14. *Вильямс В.В.* Разделение и количественное определение перегнойных кислот почвы // Известия ТСХА. 1965. Вып. 2. С. 126.
15. *Гапон Е.Н., Каблуков И.А.* Физическая и коллоидная химия. Изд. 4-е, испр. и доп. М.: Гос. изд-во сельскохозяйственной литературы, 16-я тип. Главполиграфиздата, 1949. 464 с.
16. *Гапон Е.Н.* Об уравнении изотермы обменной адсорбции // Коллоидный журнал. 1937. № 3. С. 859.
17. *Гапон Е.Н.* О термодинамическом уравнении изотермы адсорбции двух ионов // Журн. физической химии. 1938. № 11. С. 782.
18. *Герасимова Т.Н., Колчина Е.Ф.* Перегруппировка Смайльсаврядую-аминодифениловых эфиров // Успехи химии. 1995. Т. 64. № 2. С. 142.
19. *Глазко В.И., Белопухов С.Л.* Нанотехнологии и наноматериалы в сельском хозяйстве. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2008. 228 с.
20. *Грандберг И.И.* Триптамины и родственные структуры из  $\gamma$ - и  $\delta$ -гологенкарбонильных соединений // ЖОРХ. 1983. Т. 15. С. 2439.
21. *Грандберг И.И., Афонина Н.И.* Авт. свидет. № 239241 // Бюллет. изобрет. 1969. № 11.
22. *Грандберг И.И., Дашкевич С.Н.* Индолы XX. Синтез N-замещённых производных 2,3,3a,8a-тетрагидро[2,3-b]фууроиндола // Химия гетероцикл. соедин. 1971. С. 342.
23. *Грандберг И.И., Дашкевич С.Н.* Синтез структурных аналогов физовенина // Химия гетероцикл. соедин. 1970. С. 1631.
24. *Грандберг И.И., Зуянова Т.И.* Метод синтеза 2-замещённых триптаминов // Химия гетероцикл. соедин. 1970. С. 1495.



25. Грандберг И.И., Зуянова Т.И. Индолы. XVII. Метод синтеза 2-метил-1,7-ди- и три-метилентриптаминов и гомотриптаминов // Химия гетероцикл. соедин. 1971. С. 51.
26. Грандберг И.И., Зуянова Т.И., Афонина Н.И., Иванова Т.А. Новый метод синтеза биогенных аминов ряда индола // ДАН СССР. 1967. Т. 176. С. 583.
27. Грандберг И.И., Зуянова Т.И., Пржевальский Н.М., Минкин В.И. Индолы. VIII. Электронные и конформационные факторы в реакции синтеза триптаминов // Химия гетероцикл. соедин. 1970. С. 750.
28. Грандберг И.И., Иванова Т.А. Новый метод синтеза эзериновых систем и исследование их кольчато-цепной таутомерии // Докл. ТСХА. 1970. Вып. 160. С. 232.
29. Грандберг И.И., Иванова Т.А. Индолы. VII. Новый метод синтеза динорэзериновых систем // Химия гетероцикл. соедин. 1970. С. 480.
30. Грандберг И.И., Иванова Т.А. Индолы. IX. Метод синтеза динордезоксиэзериновых систем, замещенных по индолиновому атому азота // Химия гетероцикл. соедин. 1970. С. 939.
31. Грандберг И.И., Москвина Т.П. Новый метод синтеза гомотриптофолов // Химия гетероцикл. соедин. 1970. С. 942.
32. Грандберг И.И., Москвина Т.П. Метод синтеза триптофолов // Химия гетероцикл. соедин. 1972. С. 1366.
33. Грандберг И.И., Сорокин В.И., Нам Н.Л. Синтез триптаминов с сульфогруппой в бензольном кольце // Химия гетероцикл. соедин. 2000. С. 623.
34. Грандберг И.И., Токмаков Г.П. Авт. свидет. № 523096 // Бюллет. изобрет. 1976. С. 28; Производные 3-формилпирролидона-2 в реакции Фишера // Химия гетероцикл. соедин. 1980. С. 331.
35. Грандберг И.И., Ярышев Н.Г. Метод синтеза 7-азатриптаминов и родственных соединений // Химия гетероцикл. соедин. 1972. С. 1070.
36. Грандберг И.И., Ярышев Н.Г. Индолы. XXVIII. Метод синтеза 7-азатриптаминов и родственных соединений // Химия гетероцикл. соедин. 1972. С. 1070.
37. Густавсон Г.Г. Новый метод бромирования ароматических углеводородов в присутствии бромистого алюминия // ЖРХО. 1877. № 9. С. 190.
38. Густавсон Г.Г. Разъяснение причин, почему бромистый алюминий помогает бромированию ароматических углеводородов // ЖРХО. 1878. № 10. С. 285.
39. Густавсон Г.Г. Получение триметилена по новому способу // ЖРХО. 1887. № 19. С. 492.
40. Густавсон Г.Г. Двадцать лекций агрономической химии. М.-Л.: ОГИЗ, 1937.
41. Густавсон Г.Г., Демьянов Н.Я. О получении и составах аллена // ЖРХО. 1888. № 20. С. 615.
42. Демьянов Н.Я. Гавриил Гаврилович Густавсон: [биографический очерк] // ЖРФХО. 1909. № 41. С. 549.
43. Демьянов Н.Я., Лушников М.А. О продуктах действия азотистой кислоты на тетраметиленамин // ЖРФХО. 1903. № 35. С. 26.
44. Дмитриев Л.Б., Шаин С.С., Маланкина Е.Л. Гормональная регуляция биопродуктивности в онтогенезе эфирномасличных растений мята перечная, змееголовник молдавский, монарда двойчатая // Биотехнология: Сборник статей; Под ред. В.С. Шевелухи. М., 2000. Вып. 1. С. 176.
45. Дрозд В.Н., Вязгин А.С. Анионное [3+2]-циклоприсоединение 2-метил-2-(трифенилфосфинио)дитиопропионата к диметиловому эфиру ацетилендикарбоновой кислоты // ЖОрХ. 1983. Т. 19. № 10. С. 2210.
46. Дрозд В.Н., Князев В.Н., Климов А.А., Минов В.М. Spiроциклические комплексы Мейзенгеймера. Spiро-комплекс из 1-(β-N-фениламино)этилтио)-2,4,6-тринитробензола // ЖОрХ. 1975. Т. 11. № 8. С. 1775.
47. Дрозд В.Н., Князев В.Н., Можяева Т.Я. Spiроциклические комплексы Мейзенгеймера. XII. Внутримолекулярное нуклеофильное замещение нитро-группы при циклизации некоторых о-аминодифенилсульфидов в фенотиазины // ЖОрХ. 1979. Т. 15. № 12. С. 2561.

48. Дрозд В.Н., Комарова Е.Н., Гарибина В.А. Взаимодействие хлорацетиленфосфонатов с солями винилидендитиолов // ЖОрХ. 1987. Т. 23. № 11. С. 2467.
49. Дрозд В.Н., Сергейчук В.В. Стереохимия металлирования 3-морфолино-2,3-дигидробензо[*b*]тиофен-1,1-диоксида и его 2-метилпроизводных // ЖОрХ. 1977. Т. 13. С. 391.
50. Замуреенко В.А., Дмитриев Л.Б., Клюев Н.А., Грандберг И.И. ГЖХ-МС метод анализа эфирных масел // Известия ТСХА. 1985. Вып. 6. С. 137.
51. Кирпиченко М.А., Горожанкин С.К., Грандберг И.И. Авт. свид. № 1505942 // Бюллет. изобрет. 1989. № 33.
52. Кирпиченко М.А., Горожанкин С.К., Грандберг И.И. Синтез 4-хлор-7-диалкиламинокумаринов // Химия гетероцикл. соед. 1990. С. 836.
53. Кирпиченко М.А., Горожанкин С.К., Фомина Л.Ю., Грандберг И.И. Синтез, реакции и физико-химические свойства 7-аминокумаринов // Известия ТСХА. 1990. Вып. 2. С. 148.
54. Князев В.Н., Дрозд В.Н., Липовцев В.Н. и др. Спириоциклические комплексы Мейзенгеймера. XXI. Стереизомерные 2',4',6'-тринитроциклогексадиенатные спиро-комплексы Мейзенгеймера с 4,5-диметоксикарбонил-1,3-диоксолановым кольцом // ЖОрХ. 1988. Т. 24. № 10. С. 2174.
55. Князев В.Н., Токмаков Г.П., Пржевальский Н.М., Магедов И.В. Взаимодействие [60]фуллерепа и дикарбонитрилоксидов // Известия ТСХА. 2004. Вып. 2. С. 100.
56. Князев В.Н., Токмаков Г.П., Пржевальский Н.М., Магедов И.В., Дмитриев Л.Б. Синтез 2-замещенных [60]фуллерепа[1,2-*d*]изоксазолинов // Известия ТСХА. 2005. Вып. 2. С. 95.
57. Корсун Н.Н., Белопухов С.Л., Фокин А.В., Самойлов В.П., Смирнов Н.А. Натуральные волокна в современных технических материалах. М.: ВК, 2007. 160 с.
58. Курбатов А.И., Овчаренко М.М. Дегидратация глинистых минералов и солонцовых почв // Известия ТСХА. 1993. Вып. 5. С. 120.
59. Курбатов А.И. Определение электрокинетического потенциала почв // Известия ТСХА. 1970. Вып. 5. С. 225.
60. Курбатов А.И., Окорков В.В., Березин Л.В. Влияние химических мелиорантов на электрокинетические свойства солонцов Западной Сибири // Известия ТСХА. 1975. Вып. 5. С. 104.
61. Курбатов А.И., Шестаков Е.И., Токов З.Р., Усыров О.Г. Определение дзета-потенциала солонцовых почв электрофоретическим методом // Известия ТСХА. 1987. Вып. 5. С. 92.
62. Лайпанов Р.К., Пржевальский Н.М., Токмаков Г.П. Синтез новых производных пиридонов-2 с фрагментом триптамина // Известия ТСХА. 2014. Вып. 4. С. 90.
63. Ли Дж. Дж. Именные реакции. Механизмы органических реакций: Пер. с англ. М., 2006. С. 191, 193.
64. Мельникова Н.П., Довгилевич А.В., Грандберг И.И. Методика определения фотостойчивости пестицидов // Известия ТСХА. 1988. Вып. 6. С. 184.
65. Нам Н.Л., Грандберг И.И. Конденсация незамещенных в положении 1 пиразолонов-5 с эфирами β-кетокислот. Синтез пирано[2,3-*c*]пиразол-6-онов // Химия гетероцикл. соед. 2005. С. 444.
66. Пржевальский Н.М. Диссертация докт. хим. наук. М., 2004.
67. Пржевальский Н.М., Глазко В.И. Николай Яковлевич Демьянов. Выдающиеся ученые (выпускники, профессора) Петровской (Тимирязевской) академии, Российского государственного аграрного университета-МСХА имени К.А. Тимирязева: Материалы к биобиблиографии. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2012. 78 с. + 32 с. вкл.
68. Пржевальский Н.М., Костромина Л.Ю., Грандберг И.И. Новые данные о механизме синтеза индолов по Фишеру (обзор) // Химия гетероцикл. соед. 1987. С. 867.
69. Пржевальский Н.М., Магедов И.В., Евдокимов Н.М. Новые мультикомпонентные методы синтеза соединений с противораковой активностью // Известия ТСХА. 2009. Вып. 1. С. 115.
70. Пржевальский Н.М., Скворцова Н.С., Вершинкин Д.А., Магедов И.В. Новые производные индола. Синтез и ауксиновая активность индолил-3-тиогликолевых кислот // Актуаль-

ные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии: Сборник статей, посвященный 75-летию факультета ПАЭ. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2004. С. 69.

71. Пржевальский Н.М., Скворцова Н.С., Магедов И.В. Синтез 1-, 5- и 7-замещенных 3-(N-ацетиламино)-2-фенилиндолов по Фишеру // Химия гетероцикл. соедин. 2003. С. 189.

72. Пржевальский Н.М., Скворцова Н.С., Магедов И.В. // Избранные методы синтеза и модификации гетероциклов: Под ред. В.Г. Карцева. 2004. М.: IBS Press, 2004. Т. 3. С. 229.

73. Рожкова Е.Н. Дисс. канд. хим. наук. М., 2012.

74. Семенова Н.К. О классификации перегнойных кислот почвы // Известия ТСХА. 1969. Вып. 5. С. 147.

75. Сивергин Ю.М. // Химики Российской империи, СССР и Российской Федерации. Густавсон Г.Г. 1977. М. Т. 1. С. 83.

76. Старых С.Э. Физико-химическая характеристика гумусового состояния дерново-подзолистых почв в условиях влияния природных антропогенных факторов // Доклады ТСХА. 2010. Вып. 282. С. 768.

77. Токмаков Г.П., Грандберг И.И. Синтез и свойства фууро[2,3-b]индолов // Докл. ТСХА. 1970. Вып. 160. С. 243.

78. Токмаков Г.П., Грандберг И.И. Индолы. XLVII. Синтез производных 2,3,3а,8а-тетрагидрофууро[2,3-b]индола // Химия гетероцикл. соедин. 1975. С. 207.

79. Феофилактов В.В. Новый метод синтеза  $\alpha$ -аминокислот // Журн. Общей химии. 1940. № 10. С. 255.

80. Хилкова Н.Л., Князев В.Н., Паталаха Н.С., Дрозд В.Н. Спирициклические комплексы Мейзенгеймера. XXXII. Анионные спиро-комплексы с оксазолидиновым кольцом в системе 5,7-динитрохинолина. Простая и двойная перегруппировка Смайлса // ЖОрХ. 1992. Т. 28. № 8. С. 1732.

81. Химическая энциклопедия. М.: Изд-во Советская энциклопедия, 1990. Т. 2. С. 651.

82. Хмельницкий Р.А. Физическая и коллоидная химия. М.: Высш. школа, 1988. 400 с.

83. Хмельницкий Р.А. Современные методы исследования агрономических объектов. М.: Высш. школа, 1981. 256 с.

84. Чичибабин А.Е. О синтезе пиридиновых оснований из предельных альдегидов и аммиака // ЖРФХО. 1905. № 37. С. 1229.

85. Чичибабин А.Е. О продуктах действия галоидных соединений на пиридин и хинолин. М., 1902. 84 с.

86. Шнее Т.В., Окорков В.В., Курбатов А.И., Кончиц В.А. Электрокинетический потенциал в генезисе и мелиорации солонцов // Коллективная монография «Полувековой опыт освоения солонцовых почв России». М., 2008. С. 134.

87. Шнее Т.В., Старых С.Э., Федорова Т.А., Маслова М.Д., Белопухов С.Л. Изменение физико-химических свойств почвенных коллоидов в зависимости от ионного состава почвенного поглощающего комплекса // Плодородие. 2014. № 3 (78). С. 33.

88. Шнее Т.В., Старых С.Э., Федорова Т.А. Влияние ионного состава ППК на состояние почвенных коллоидов различных по генезису почв. Вестник Российского университета дружбы народов. М. Серия: Агрономия и животноводство. 2013. № 5. С. 128.

89. Ярошевский М.Г. Логика развития науки и научная школа. Школы в науке. М.: Наука, 1977. С. 86.

90. Gapon E., Iwanenko D. Die Naturwissenschaften. 1932. Bd.20. P. 792.

91. Gapon E., Iwanenko D. Physikalisches Zeitschrift der Sowjetunion. 1932. Bd. 2. P. 99.

92. Gustavson G.G. J. pr. Chem. 1896. [2]. Bd. 54. P. 97.

93. Demjanov N.Y. Ber. 1908. Bd. 41. P. 43.

94. Dmitriev L.B., Zamurenko V.A., Kluyev N.A., Grandberg I.I. J. of Chromatography. 1984. Vol. 303. P. 109.

95. Drozd V.N. Int. J. Sulfur Chem. 1973. Vol. 8. № 3. P. 443.

96. Drozd V.N., Knyazev V.N., Nam N.L. et al. Tetrahedron. 1992. V. 48. № 3. P. 469.

97. Drozd V.N., Popova O.A. Tetrahedron Lett. 1979. № 46. P. 4491.

98. Knyazev V.N., Drozd V.N. Tetrahedron Lett. 1976. P. 4825.  
99. Magedov I.V., Drozd V.N. et al. Tetrahedron Lett. 1995. № 26. P. 4619.  
100. Magedov I.V., Manpadi M., Evdokimov N.M. et al. Bioorg. Med. Chem. Lett. 2007. № 17. P. 1381.  
101. Magedov I.V., Manpadi M., Van Slambrouck S. et al. J. Med. Chem. 2007. № 50. P. 5183.  
102. Magedov I.V., Shapakin S.Yu, Drozd V.N. Tetrahedron. Vol. 51. № 42. P. 11503.  
103. Przhevalskii N.M., Magedov I.V., Drozd V.N. Synthesis. 1993. № 5. P. 463.

SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL SCHOOL OF CHEMISTRY  
IN PETER'S ACADEMY OF AGRICULTURE AND FORESTRY —  
RUSSIAN TIMIRYAZEV STATE AGRARIAN UNIVERSITY

S.L. BELOPUKHOV, N.M. PRZHEVALSKIY, S.N. SMARYGUIN

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

*Formation, development and functioning of the scientific school of chemistry in Peter's Academy of Agriculture and Forestry - Russian Timiryazev State Agrarian University at different stages of its 150-year history are considered in the article. By the example of scientific schools of Inorganic and Analytical Chemistry, Organic Chemistry, Physical and Colloidal Chemistry the close relationship between teaching and research work was demonstrated. The functioning of the scientific school of chemistry at the present moment and development prospects are discussed.*

*Key words: scientific school of chemistry, inorganic chemistry, analytical chemistry, organic chemistry, physical chemistry, colloidal chemistry, name reactions, rare earth elements, chemical isotopic effects, multicomponent synthesis, chromato-mass-spectrometry, protective-stimulant-complexes.*

**Белопухов Сергей Леонидович** — д. с.-х. н., проф., зав. кафедрой физической и органической химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Тимирязевский проезд, д. 2/4; тел. (499) 976-32-16).

**Пржевальский Николай Михайлович** — д. х. н., проф. кафедры физической и органической химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Тимирязевский проезд, д. 2/4; тел. (499) 976-16-39; e-mail: prjevalski@mail.ru).

**Смарьгин Сергей Николаевич** — к. х. н., зав. кафедрой неорганической и аналитической химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Тимирязевский проезд, д. 2/4; тел. (499) 976-16-28).

**Belopukhov Sergei Leonidovich** — Doctor of Agricultural Sciences, head of the department of physical and organic chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskiy proezd 2/4; tel. (499) 976-32-16).

**Przhevalskiy Nikolai Mikhailovich** — Doctor of Chemical Sciences, professor of the department of physical and organic chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskiy proezd 2/4; tel. (499) 976-16-39; e-mail: prjevalski@mail.ru).

**Smaryguin Sergei Nikolaevich** — PhD in Chemical sciences, the chief of the department of inorganic and analytical chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskiy proezd 2/4; tel. (499) 976-16-28).

---

## НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

---

Известия ТСХА, выпуск 6, 2014 год

### ВЕРНОСТЬ ГАЗЕТНОМУ ДЕЛУ — ЮБИЛЕЙ ГЕОРГИЯ ВИКТОРОВИЧА БЕЛЫХ

*7 мая 2014 г. главному редактору газеты «Тимирязевка» Георгию Викторовичу Белых исполнилось 80 лет.*

*Георгий Викторович работает в стенах РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева более 47 лет, с сентября 1967 г., находясь на ответственном посту руководителя старейшей среди аграрных вузов страны университетской газеты, которая является своего рода лицом университета, и это дает повод особо сказать об этом творческом человеке.*

Свой юбилей Георгий Викторович встретил в историческом парке университета. В тот день у мемориального комплекса ветераны войны, профессора, преподаватели и студенты праздновали День Победы. В адрес фронтовиков и тружеников тыла Великой Отечественной войны звучали благодарные слова, к стеле с именами погибших в войне возлагались живые цветы. У всех, кто был в парке, на одежде были георгиевские ленточки — символ памяти о войне и благодарности за победу. И, конечно, здесь же находился редактор университетской газеты «Тимирязевка» Георгий Викторович Белых.

Он узнал, что такое война, уже в первые ее дни, когда четверо малых детишек вместе с матерью уезжали из Карелии, где родились, в донскую станицу Усть-Медведицкую (г. Серафимович) и когда видел в небе бой двух истребителей. Несколько позже, на станции Бологое, они пережили налет вражеской авиации на их эшелон. Вагоны горели, люди с криками в панике метались на рельсах, мать накрыла всех четверых пальто, сверху закрыла собою, и ни один осколок не коснулся семьи. Это был святой поступок донской казачки, как об этом позже написал в газете «Советская Россия» Георгий Белых, вспоминая о войне. А уж в Серафимовиче, на родине матери, все они испытали и налеты самолетов со свастикой, и видели, как горел мост, а через него шли наши танки. Вот откуда у редактора зародилось святое чувство уважения к защитникам Отечества, вот почему уже с первого номера, придя в тимирязевскую академическую газету, он обращался своими публикациями к ветеранам, — а их тогда было здесь немало на всех факультетах!

Г.В. Белых пришел в Тимирязевскую сельскохозяйственную академию ответственным секретарем вузовской газеты «Тимирязевец» осенью 1967 г. До этого он учился в строительном техникуме в г. Таганроге, служил на Дальнем Востоке два года в армии, учился и окончил Московский историко-архивный институт, работал журналистом в заводских газетах Москвы. Где бы ни учился или работал, он всегда писал заметки в газеты.

Годы редакторства Г.В. Белых в Тимирязевке условно можно разделить на три периода. Первый — становление как журналиста, освоение и укрощение такого



иногда тяжелого и неповоротливого литературного пера, а также «плавание» вместе с газетой в фарватере избранной в стране общественной линии. Второй период — попытка через газету осмыслить вместе с авторами начавшуюся в стране перестройку второй половины 1980-х годов и, может быть, повести молодых людей к большей правде, большей справедливости, к истинным ценностям, к осознанию глубокой истории страны, которая всегда была нашей собственной историей, но не историей царя или революционеров. Третий период — это, собственно, то, что привело к солидной и одной из лучших в стране студенческих газет за последние десять лет.

При вступлении в должность ответственного секретаря, а потом и редактора газеты «Тимирязевец», жизненного опыта и квалификации молодому Георгию Викторовичу было достаточно, но тем не менее на первых порах газетой руководили и ректорат, и партком, и общественная редколлегия, и даже был один из доцентов с общественной нагрузкой, кто помогал формировать материалы, отражающие линию партии, что, впрочем, в те времена было принято везде в большой и малой прессе.

Наша газета тех лет по внешнему виду мало чем отличалась от подобных многотиражных газет: была четырехполосной, на серой газетной бумаге, тексты отличались на «свинцовом» линоTYPE, снимки были редки и ценны, поэтому на полосе газеты их было немного. Выручали рубрики-заставки: «Готовясь к XXVII съезду КПСС», «О Тимирязевке и тимирязевцах», «День за днем», другие. В газету писали многие студенты. Но неизменно из номера в номер вместе со статьями и заметками о текущей вузовской жизни шла тема патриотизма, публиковались глубокие материалы по истории академии и Великой Отечественной войны, а на последней полосе-странице изобиловал сладкий для студенческого глаза «изюм» — стихи поэтов-тимирязевцев, юморески либо эссе. Особенно часто печатались стихотворения молодого выпускника-тимирязевца, трагически погибшего в далеком 1933 году в Башкирии во время организации одного из крупных совхозов, Сергея Чекмарева, — он оставил замечательное наследие из гражданских и лирических стихов, писем. Неслучайно Г.В. Белых был награжден Памятным знаком Советского комитета ветеранов войны и знаком ЦК ВЛКСМ за патриотическую работу. Часто газета публиковала стихи писателя-пушкиниста, выпускника Петровки Ивана Алексеевича Новикова, тимирязевских поэтов Аллы Батенчук, Луизы Савинской, Николая Быкова, Вилиса Кегелеса, Владимира Кокляева, Бато Узултуева, Майи Румянцевой, ветерана войны профессора Ивана Сергеевича Кауричева, заведующего кафедрой Юрия Борисовича Коновалова, прозаика Ирины Ракши и многих других.

В годы перестройки Георгий Викторович Белых под своим именем или под псевдонимами Ю. Каменский, Б. Сережкин и Г. Скачков публикует многочисленные собственные аналитические заметки либо материалы о личностях, в которых отражается отношение автора к этим неординарным людям и времени, — и газета «Тимирязевец», а потом «Тимирязевка» становятся почти неотделимыми от этого человека. Запомнились материалы о слепом профессоре-экономисте Федоре Петровиче Крохалева «Знак беды» и о столетнем выпускнике Тимирязевской академии, приговоренном перед войной к расстрелу, профессоре Волгоградской сельскохозяйственной академии Шульмейстере Константине Георгиевиче «Прощать тебя предавших». Запомнились статьи о первом директоре музея революционной, боевой и трудовой славы Тимирязевки, вдове погибшего в ополчении преподавателя, организаторе ме-



мориала павшим в годы войны тимирязевцам Ефросинии Кузьминичне Орловой, о продолжательнице ее дела Ольге Николаевне Бычковой, энергией и опытом архитектора которой был создан нынешний Музей истории университета. В них бьется его сердце, полнятся его мысли. В это время в газету потянулись люди, для которых слово, образно выражаясь, всегда писалось с заглавной буквы. Это профессор В.В. Рачинский, доцент Ф.В. Корольков, сын знаменитого академика-генетика, президента АН Белорусской ССР А.Р. Жебрака, выпускник агрономического факультета 1953 года Эдуард Антонович, выпускник академии Ю.В. Зверков, студент Юрий Холопов, научный сотрудник С.С. Розанов, профессор А.М. Гатаулин и другие. У газеты появляется новое лицо, она становится восьмиполосной, насыщенной разнообразными публикациями. Редактор не ограничивается вузовской тематикой, а пишет о литературе, киноискусстве. В этот период газета, а вместе с ней и редактор, не обходят вниманием самые острые моменты и недавней, и современной истории.

Следует добавить, что Георгий Викторович Белых в эти годы как журналист вышел на пик журналистской зрелости и мастерства, и ему стало не хватать для реализации личности только одной вузовской газеты. Не оставляя редакторства в ней, он одновременно пробует себя как корреспондент газет «Советская Россия», «Сельская жизнь», «Московский комсомолец», «Московская правда», «Славяне», «Россия», много пишет для Всесоюзного радио и радиостанции «Маяк». Но все же он тяготеет к газетам малого формата, создает и редактирует одну за другой 5 газет, и среди них две общественные: «58-я» — газета Всесоюзной ассоциации жертв политических репрессий; «Эхо Гулага» — газета Московской ассоциации жертв незаконных репрессий. Он был избран и.о. вице-президента этой общественной организации. Для него это было тяжелой душевной ношей: в то время только в Москве и Подмосковье на учете в ассоциации жертв незаконных репрессий состояли более 10000 репрессированных и членов их семей, и каждому хотелось кричать о своей боли и переживаниях.

В то же время по просьбе известного выпускника академии, главы Управы Тимирязевского района Юрия Гончарова он создает газету «Соломенная сторожка», которая выходит 5-тысячным тиражом для жителей Тимирязевского района. В ней публикуется множество материалов о ярких личностях: жителях района, о вузах, училищах, школах. По просьбе ректоров двух московских вузов Г.В. Белых создает и редактирует вузовские газеты «Савушкины вести» Института экономики и предпринимательства и «Глобус» Университета природообустройства. В эти бесхлебные годы его судьба могла бы измениться, но... что-то удержало его в уже ставшей родной Тимирязевке.

Сейчас, по прошествии двух десятков лет, мы можем выразить точку зрения о том, что этим «что-то» для творческого человека стало великое «здание», ежедневно в течение почти 150 лет строящееся трудами и собственной жизнью многих и многих людей, которых по имени вуза принято называть петровцами (от первого названия Петровской земледельческой и лесной академии), либо тимирязевцами (от последнего названия). Прикипание к мощнейшему дереву академии, к корням и листьям, питавшим и питающим это дерево, дает этому человеку почти полную возможность самовыражения и творческой реализации.

В третий период своей профессиональной деятельности в Тимирязевке Георгий Викторович Белых еще более глубоко погружается в судьбы исторически значимых выпускников. Вместе с тем он вместе с газетой является хроникером жизни

университета. Его солидная тимиразевская биография и личностные качества притягивают к нему интересных людей, и они искренне рассказывают о своих судьбах, судьбах коллег и своем видении развития нашего общества. Частыми гостями редакции являются наши выпускники: журналист и поэт Николай Быков, в прошлом корреспондент газеты «Комсомольская правда» и журнала «Огонек»; журналист, в свое время заместитель главного редактора журнала «Огонек» Николай Панченко; Эдуард Жебрак, ученый и поэт Вилис Кегелес. На страницах газеты в трех номерах публикуется интересное и поучительное повествование «Опасная профессия. Воспоминания из Лондона» о себе и академии 1960-х гг. нашего выпускника, некогда исключенного из аспирантуры, но принятого на научную работу в Великобритании, широко известного ученого Жореса Медведева. Печатается описание жизни видного экономиста Александра Васильевича Чаянова (номер показан по телевидению), ученого-генетика Георгия Дмитриевича Карпеченко. Рефреном ежегодно идет обращение к делам и судьбе выпускника «Петровки» академика Николая Ивановича Вавилова. За активный вклад в раскрытие этой творческой личности Г.В. Белых избирают в 2009 г. в Комиссию РАН по сохранению и разработке научного наследия академика Н.И. Вавилова. Георгий Викторович дружит с его сыном — доктором физико-математических наук Юрием Николаевичем Вавиловым и в немалой степени способствует тому, чтобы этот человек как продолжатель великого дела своего отца и популяризатор его идей был избран почетным доктором РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

В 2004 г. по предложению Г.В. Белых при Международной ассоциации «Агрообразование» был создан совет редакторов газет аграрных вузов России, а сам он избран председателем. За эти годы проведена значительная работа по качественному изменению газет аграрных вузов; редакторы участвовали в нескольких Всероссийских совещаниях-семинарах, регулярно во многих вузах проводился конкурс лучших газет и авторов публикаций.

Наша газета «Тимирязевка» неизменно участвует в конкурсах Ассоциации «Агрообразование» Минсельхоза РФ, молодых студенческих журналистов «Хрустальная стрела» (Москва), «ФЕСТОС» (Москва), Медиа Союз (Санкт-Петербург), на которых она и ее авторы получают многочисленные дипломы, грамоты, благодарственные письма, в том числе и от общественных организаций. И в этом также заслуга ее редактора.

Г.В. Белых награжден медалями «Ветеран труда» и «В память 850-летия Москвы». Он член Союза журналистов г. Москвы и член Международной организации славянских журналистов, имеет Почетные грамоты, в том числе от Ассоциации моряков-подводников, Всероссийской ассоциации самбо.

У Георгия Викторовича под воздействием большого жизненного опыта и обращения к выдающимся ученым складывается весьма интересная оценка происходивших и происходящих в Тимирязевке событий, а также ее сотрудников: ученых, студентов, аспирантов и служащих. Он не подлаживается под стереотип служения пером сильным мира сего, и его мнение по тому или иному поводу со временем оказывается весьма проницательным. Он умеет отделять зерна от плевел, умеет слушать людей, не перебивая. Наиболее частой в беседе оказывается его фраза «Как хорошо вы это сказали!». Он бережет память по малой донской родине и при всякой возможности стремится к проживающим там своим сестре и родным, чтобы словом и делом помочь им в жизни. Он написал книгу «Рояль на палубе» о своей жизни, своих родителях, братьях и сестрах, сыне, чтобы их име-

на и судьбы, некогда зелеными ростками простиравшимися по лону времени, не канули в лету.

В год юбилея все мы желаем Георгию Викторовичу здоровья, благополучия, успехов в журналистике, сохранения оптимизма, веры в жизнь и ее идеалы и, конечно, сохранения доброй памяти о коллективе, которому он отдал свыше 47 лет невосполнимой жизни. Пусть он продолжает поиски новых имен, новых тем для родной «Тимирязевки»!

**В.И. Нечаев,**  
ректор РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,  
доктор экономических наук, профессор

**С.Я. Попов,**  
заведующий кафедрой защиты растений,  
доктор биологических наук, профессор

**УКАЗАТЕЛЬ**  
статей, опубликованных в журнале «Известия ТСХА» в 2014 году

| Автор и название статьи  | Вып. | Стр. |
|--|------|------|
| <i>АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ</i>   |      |      |
| <i>Наумов В.Д., Родионов Б.С., Гемонов А.В.</i> Сравнительная оценка почв и растительности на пробных площадях Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева .....   | 2    | 5    |
| <i>Хлюстов В.К., Поляков А.Н., Красносумова А.В.</i> Моделирование возрастной динамики таксационных показателей географических культур сосны, произрастающих в условиях Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева .....        | 2    | 19   |
| <i>Яшин И.М., Козут Л.П., Васенев И.И., Таллер Е.Б., Грачев Д.А.</i> Генезис и миграция веществ в почвах на двучленных породах ЦЛГПБЗ Тверской области .....   | 3    | 5    |
| <i>Samardzic M., Castaldi S., Valentini R., Vasenev I.I.</i> Calculation of carbon emission resulting from poultry production under the conditions of the Central Region in European Russia .....  | 2    | 35   |
| <i>ГЕНЕТИКА, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО,<br/>БИОТЕХНОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ</i>  |      |      |
| <i>Акимова Г.П., Соколова М.Г., Верхотуров В.В., Белопухов С.Л.</i> Гормональный статус растений гороха при инфицировании бактериями <i>Rhizobium leguminosarum</i> .....  | 2    | 50   |
| <i>Исачкин А.В., Соловьев А.А., Ханбабаева О.Е., Богданова В.Д., Заренкова Е.Г.</i> Изучение влияния обработок водным раствором колхицина на изменение признаков у двух садовых групп львиного зева ( <i>Antirrhinum majus</i> L.) ..... | 4    | 5    |
| <i>Корицунова А.Д., Дивашук М.Г., Даебль И.А., Карлов Г.И., Соловьев А.А.</i> Валидация ДНК-маркеров генов короткостебельности у тритикале ( <i>Triticosecale</i> Wittm.) .....  | 3    | 21   |
| <i>Мусаев Ф.Б., Архипов М.В., Потрахов Н.Н.</i> Анализ качества семян овощных культур методом рентгенографии .....   | 4    | 18   |
| <i>Разумова О.В., Александров О.С., Сухорада Т.И., Дивашук М.Г., Долгов С.В., Карлов Г.И.</i> Использование полоспецифичных ДНК-маркеров для оценки качества семян однодомных сортов конопли посевной .....                              | 4    | 28   |
| <i>Романов Д.В., Киселева А.В., Хрусталева Л.И.</i> Физическое картирование генов на хромосомах лука репчатого ( <i>Allium cepa</i> L.) с использованием EST-клонов и Tugamide-FISH .....  | 1    | 105  |
| <i>Рубец В.С., Игонин В.Н., Пыльнев В.В.</i> Селекция озимой тритикале в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева: история, особенности, достижения .....   | 1    | 115  |
| <i>Савельева Е.М., Тараканов И.Г.</i> К проблеме регуляции фотосинтеза и водного обмена у растений рапса ( <i>Brassica napus</i> L.) в онтогенезе .....  | 4    | 36   |
| <i>Савельева Е.М., Тараканов И.Г.</i> Регуляция цветения у растений рапса с разной потребностью в фотопериодической и низкотемпературной индукции .....  | 2    | 57   |
| <i>Таразанова Т.В., Игнатьев Н.Н.</i> Особенности действия препарата симбионт-3 на рост и развитие растений огурца .....   | 3    | 32   |
| <i>Чистова А.В., Монахос С.Г.</i> Репродукция самонесовместимых линий моркови ( <i>Daucus carota</i> L.) с использованием культуры тканей .....  | 3    | 43   |

| Автор и название статьи | Вып. | Стр. |
|-------------------------|------|------|
|-------------------------|------|------|

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

|   |   |    |
|---|---|----|
| <i>Коришнуова А.Д., Дивашук М.Г., Карлов Г.И., Соловьев А.А.</i> Распространение замещения 2R/2D среди сортообразцов яровой гексаплоидной тритикале ( <i>×Triticosecale</i> Wittm.) .....                   | 6 | 5  |
| <i>Рубец В.С., Митрошина О.В., Пыльнев В.В.</i> Особенности избирательности оплодотворения у тритикале ( <i>×Triticosecale</i> Wittm.) .....  | 6 | 15 |
| <i>Kocheshkova A.A., Divashuk M.G., Kroupin P.Y., Karlov G.I.</i> Development of PCR-based STS marker for identification of <i>Viviparous-1</i> gene of <i>Thinopyrum</i> species in wheat background ..... | 5 | 5  |

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

|   |   |     |
|---|---|-----|
| <i>Во Тхи Нгок Ха, Джалилов Ф.С.</i> Антибактериальная активность эфирных масел и их использование для обеззараживания семян капусты от сосудистого бактериоза .....                      | 6 | 59  |
| <i>Гатаулина Г.Г., Соколова С.С., Бельшикина М.Е.</i> Системный подход к анализу динамических характеристик продукционного процесса у зерновых бобовых культур .....                      | 2 | 69  |
| <i>Гирсова Н.В., Богоутдинов Д.З., Можяева К.А., Кастальева Т.Б.</i> Фитоплазмы деревьев и кустарников в Поволжье .....   | 5 | 36  |
| <i>Кумахова Т.Х., Белошаркина О.О., Бабоша А.В., Рябченко А.С.</i> Особенности ультраструктуры и микобиоты поверхности плодов яблони при созревании и хранении .....                      | 3 | 51  |
| <i>Лазарев Н.Н., Гусев М.А.</i> Комплексная оценка сортов и видов газонных трав при выращивании рулонного газона в условиях Московской области .....                                      | 6 | 69  |
| <i>Попов С.Я., Карачевцев З.Ю.</i> К методическим основам разработки экспресс-метода оценки предпочтительности (отвергания) нового пищевого источника паутиным клещом .....               | 2 | 96  |
| <i>Попова Т.А., Петрова Н.И.</i> Защита всходов ярового рапса от крестоцветных блошек .....   | 1 | 125 |
| <i>Сыева С.Я., Мандаева С.А.</i> Влияние экологических условий Горного Алтая на морфо-биологические показатели <i>Astragalus onobrychis</i> L. при интродукции ..                         | 5 | 50  |
| <i>Beloshapkina O.O., Kumakhova T. Kh., Wahsheh N.N.</i> Immunological assessment of apple varieties in terms of their scab resistance in relation to leaf and fruit microstructure ..... | 4 | 52  |

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

|   |   |    |
|---|---|----|
| <i>Власов В.А., Петрушин В.А.</i> Морфофизиологические особенности сома обыкновенного ( <i>Silurus glanis</i> L.) как факторы предрасположенности к доместикации .....  | 3 | 70 |
| <i>Говоров А.Н., Мельникова Е.Е., Алимов А.А.</i> Перспективы совершенствования орловской породы кур русского типа .....  | 3 | 79 |
| <i>Иванов А.А., Маннапова Р.Т., Рашиев Р.А.</i> Адаптогенные эффекты янтаря и маточного молочка пчел при стрессе животных .....   | 5 | 60 |
| <i>Кидов А.А., Коврина Е.Г., Тимошина А.Л., Хайрутдинов И.З., Матушкина К.А., Пыхов С.Г.</i> Возраст размножающихся самок и изменчивость репродуктивных характеристик прыткой ящерицы ( <i>Lacerta agilis</i> L., 1758) в Кумо-Манычской впадине: опыт применения скелетохронологического анализа ..... | 6 | 81 |

| Автор и название статьи   | Вып. | Стр. |
|---|------|------|
| <i>Кульмакова Н.И., Леонтьев Л.Б.</i> Убойные показатели и качество мяса свиней под влиянием кормовой добавки «Сувар» .....   | 5    | 71   |
| <i>Ларионов Г.А., Вязова Л.М., Дмитриева О.Н., Щипцова Н.В.</i> Влияние препаратов растительного происхождения на безопасность и качество молока при субклиническом мастите коров ..... | 4    | 64   |
| <i>Мецзяков В.П., Мецзяков Д.В.</i> Влияние полноценной преддоильной подготовки вымени коров на его кровоснабжение и показатели молоковыведения ...                                     | 6    | 90   |
| <i>Прохоров И.П., Лукьянов В.Н., Пикуль А.Н.</i> Рост, развитие и мясная продуктивность бычков симментальской породы и ее помесей с герфордской и шаролезской .....                     | 4    | 74   |
| <i>Салаев Б.К., Юлдашбаев Ю.А., Пахомова Е.В.</i> Эффективность скрещивания грозненских тонкорунных маток с баранами калмыцкой курдючной породы ...                                     | 3    | 84   |
| <i>Цыганок И.Б., Уторова Е.В.</i> Плодовитость кобыл отечественных тяжеловозных пород лошадей .....   | 1    | 136  |

#### ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

|  |   |    |
|--|---|----|
| <i>Бегеулов М.Ш., Кармашова Е.О.</i> Эффективность использования побочных продуктов переработки растительного сырья в хлебопечении ..... | 5 | 79 |
|--|---|----|

#### ПО МАТЕРИАЛАМ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ 150-ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА В.Р. ВИЛЬЯМСА

|   |   |    |
|---|---|----|
| <i>Дубенок Н.Н.</i> Приоритеты научного обеспечения развития мелиорации .....   | 1 | 96 |
| <i>Зайдельман Ф.Р.</i> Механизм процесса глееобразования и его роль в формировании светлых кислых элювиальных горизонтов .....  | 1 | 27 |
| <i>Кирюшин В.И.</i> Наследие В.Р. Вильямса и современные проблемы агропочвоведения .....  | 1 | 5  |
| <i>Косолапов В.М., Кутузова А.А.</i> В.Р. Вильямс — основоположник отечественного луговодства и луговодства .....   | 1 | 60 |
| <i>Лазарев Н.Н., Шибуков А.А., Зубков Ф.В.</i> Способы создания сеяных лугов на залежных землях .....   | 1 | 70 |
| <i>Наумов В.Д.</i> Научное наследие академика В.Р. Вильямса в почвоведении .....  | 1 | 16 |
| <i>Платонов И.Г.</i> Вклад В.Р. Вильямса в развитие агрономического образования и сельскохозяйственной науки (к 150-летию со дня рождения) .....                                    | 1 | 52 |
| <i>Фокин А.Д., Торшин С.П., Бебнева Ю.М., Гаджиагаева Р.А., Золотарева Ю.И., Умер М.И.</i> Деструкция почвенных агрегатов и ее влияние на поглощение радионуклидов растениями ..... | 1 | 82 |
| <i>Шейн Е.В., Милановский Е.Ю.</i> Органическое вещество и структура почвы: учение В.Р. Вильямса и современность .....  | 1 | 42 |

#### ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

|   |   |     |
|---|---|-----|
| <i>Белов А.А., Сторчевой В.Ф., Белова М.В., Коробков А.Н.</i> СВЧ-установка для обеззараживания зерна и продуктов его переработки .....   | 6 | 101 |
| <i>Гаспарян Ш.В., Замятина М.Е., Бебрис А.Р., Борисов В.А., Романова А.В.</i> Технологическая оценка современных сортов и гибридов моркови на пригодность для производства пюреобразных и сушеных продуктов ..... | 6 | 108 |



| Автор и название статьи | Вып. | Стр. |
|-------------------------|------|------|
|-------------------------|------|------|

### ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКРОБИОЛОГИЯ

|   |   |    |
|---|---|----|
| Далькэ И.В., Григорай Е.Е., Головки Т.К. Фотосинтетическая продуктивность и эффективность использования световой энергии тепличной культурой огурца при досвечивании внутри ценоза .....                                  | 5 | 13 |
| Фунг Т.М., Емцев В.Т., Поздняков Л.А., Селицкая О.В. Биологическая активность ассоциативных бактерий, выделенных из ризопланы овощных растений Вьетнама <i>Ipomoea aquatica</i> L. и <i>Brassica integrifolia</i> L. .... | 5 | 24 |
| Tarakanov I.G. Photoperiodism in crops [Фотопериодизм сельскохозяйственных растений] .....  | 6 | 38 |

### ХИМИЯ

|  |   |    |
|--|---|----|
| Лайпанов Р.К., Токмаков Г.П., Пржевальский Н.М. Синтез новых биологически активных производных пиридонов-2 с фрагментом триптамина ..... | 4 | 90 |
|--|---|----|

### ЭКОНОМИКА

|  |   |     |
|--|---|-----|
| Баутин В.М. Инновационная экономика: содержание, место и роль инноваций ...  | 2 | 103 |
| Гайсин Р.С. Развитие механизмов поддержки сельского хозяйства в странах ОЭСР и России .....                                      | 3 | 97  |
| Гатаулина Е.А. Оценка финансового состояния свеклосеющих сельскохозяйственных организаций .....                                  | 2 | 119 |
| Горпинченко К.Н. Организационно-экономический механизм управления инновациями в зерновом производстве .....                      | 2 | 134 |
| Исмуратов С.Б., Муратов А.А., Сегизбаева А.С. Вопросы по внедрению на предприятиях Республики Казахстан системы НАССР .....      | 5 | 95  |
| Нечаев В.И., Бершадский Ю.И., Фетисов С.Д., Слепнева Т.Н. Современное состояние и тенденции развития птицеводства в России ..... | 4 | 102 |
| Svetlov N.M. Estimating managerial transaction costs on dairy farms in the Moscow region .....                                   | 3 | 120 |

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

|   |   |     |
|---|---|-----|
| Елисеева О.В., Елисеев А.Ф. Некорневая обработка селенитом натрия растений редьки ( <i>Raphanus sativus</i> L.) и качество продукции .....                                      | 4 | 112 |
| Николаев В.А., Беленков А.И. Влияние разных приемов обработки дерново-подзолистой почвы на ее сложение и урожайность ячменя .....   | 5 | 103 |
| Селихова Т.Н., Бобков С.В. Сравнительный анализ спектров запасных белков у образцов дикорастущего подвида гороха <i>Pisum sativum</i> L. ssp. <i>elatius</i> .....              | 2 | 142 |
| Сидоренко О.Д., Харькова А.П. Антибиотикочувствительность отдельных штаммов лактобактерий и дрожжей кисломолочных продуктов различных географических зон .....                  | 2 | 148 |
| Смиряев А.В., Хунацария Т.И. Оптимизация объема выборки растений, измеряемых при однолетнем и многолетнем сортоиспытании мягкой яровой пшеницы .....                            | 3 | 139 |
| Стрелец В.Д., Никиточкин Д.Н., Виноградова О.А. Крупноплодный боярышник ( <i>Crataegus aestivalis</i> L.) — перспективная плодовая культура для Нечерноземной зоны России ..... | 4 | 119 |
| Чистова А.В., Монахос С.Г. Влияние температурной предобработки на эффективность эмбрио- и каллусогенеза в культуре пыльников моркови ( <i>Daucus carota</i> L.) .....           | 4 | 125 |

| Автор и название статьи   | Вып. | Стр. |
|---|------|------|
| <i>К 150-ЛЕТИЮ ТИМИРЯЗЕВКИ</i>  |      |      |
| <i>Белопухов С.Л., Пржевальский Н.М., Смартыгин С.Н.</i> Научно-педагогическая школа химии в Петровской земледельческой и лесной академии — Российском государственном аграрном университете - МСХА имени К.А. Тимирязева ..... | 6    | 114  |
| <i>Гатаулин А.М., Светлов Н.М., Стратонович Ю.Р.</i> Возникновение и становление научно-педагогической школы экономической кибернетики в Тимирязевке .....  | 5    | 111  |
| <i>Дручек А.А.</i> На плечах гигантов .....   | 3    | 145  |
| <i>Зинченко А.П.</i> Научно-педагогическая школа статистики в Тимирязевской академии .....  | 4    | 132  |
| <i>УЧЕНЫЕ ТИМИРЯЗЕВСКОЙ АКАДЕМИИ</i>  |      |      |
| К 70-летию со дня рождения профессора Николая Михайловича Пржевальского   | 2    | 154  |
| <i>НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ</i>  |      |      |
| Верность газетному делу — юбилей Георгия Викторовича Белых .....  | 6    | 141  |

## СОДЕРЖАНИЕ

## ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

- Коришанова А.Д., Дивашук М.Г., Карлов Г.И., Соловьев А.А. Распространение замещения 2R/2D среди сортообразцов яровой гексаплоидной тритикале (*×Triticosecale* Wittm.) ..... 5
- Рубец В.С., Митрошина О.В., Пыльнев В.В. Особенности избирательности оплодотворения у тритикале (*×Triticosecale* Wittm.) ..... 15

## ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКРОБИОЛОГИЯ

- Tarakanov I.G. Photoperiodism in crops [Фотопериодизм сельскохозяйственных растений] ..... 38

## ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

- Во Тхи Нгок Ха, Джалилов Ф.С. Антибактериальная активность эфирных масел и их использование для обеззараживания семян капусты от сосудистого бактериоза ..... 59
- Лазарев Н.Н., Гусев М.А. Комплексная оценка сортов и видов газонных трав при выращивании рулонного газона в условиях Московской области ..... 69

## ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

- Кидов А.А., Коврина Е.Г., Тимошина А.Л., Хайрутдинов И.З., Матушкина К.А., Пыхов С.Г. Возраст размножающихся самок и изменчивость репродуктивных характеристик прыткой ящерицы (*Lacerta agilis* L., 1758) в Кумо-Маньчской впадине: опыт применения скелетохронологического анализа ..... 81
- Мещераков В.П., Мещераков Д.В. Влияние полноценной преддоильной подготовки вымени коров на его кровоснабжение и показатели молоковыведения ..... 90

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

- Белов А.А., Сторчевой В.Ф., Белова М.В., Коробков А.Н. СВЧ-установка для обеззараживания зерна и продуктов его переработки ..... 101
- Гаспарян Ш.В., Замятина М.Е., Бебрис А.Р., Борисов В.А., Романова А.В. Технологическая оценка современных сортов и гибридов моркови на пригодность для производства пюреобразных и сушеных продуктов ..... 108

## К 150-ЛЕТИЮ ТИМИРЯЗЕВКИ

- Белопухов С.Л., Пржевальский Н.М., Сморгун С.Н. Научно-педагогическая школа химии в Петровской земледельческой и лесной академии — Российском государственном аграрном университете - МСХА имени К.А. Тимирязева ..... 114

## НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

- Верность газетному делу — юбилей Георгия Викторовича Белых ..... 141

## CONTENTS

*GENETICS, SELECTION AND SEED BREEDING, BIOTECHNOLOGY*

- Korshunova A.D., Divashuk M.G., Karlov G.I., Soloviev A.A.* Distribution of 2R/2D substitution in spring hexaploid triticale ( $\times$ *Triticosecale* Wittm.) ..... 5
- Rubets V.S., Mitroshina O.V., Pylnev V.V.* The peculiarities of triticale fertilization selectivity ( $\times$ *Triticosecale* Wittm.) ..... 15

*PLANT PHYSIOLOGY, MICROBIOLOGY*

- Tarakanov I.G.* Photoperiodism in crops [Фотопериодизм сельскохозяйственных растений] ..... 38

*SOIL MANAGEMENT, CROP PRODUCTION, PLANT PROTECTION*

- Vo Thi Ngok Ha, Dzhaililov F.S.* Antibacterial activity of essential oils and their use for disinfection of cabbage seeds against black root ..... 59
- Lazarev N.N., Gusev M.A.* Complex assessment of turf grass varieties and species for cultivation of rolled lawns under the conditions of Moscow region ..... 69

*ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE*

- Kidov A.A., Kovrina E.G., Timoshina A.L., Hairutdinov I.Z., Baksheyeva A.A., Matushki-na K.A., Pykhov S.G.* Reproductive age of females and variability of reproductive characteristics of the sand lizard (*Lacerta agilis* L., 1758) In the Kuma-Manych depression: experience of application of the skeletochronological analysis ..... 81
- Meshcheryakov V.P., Meshcheryakov D.V.* Effect of full preparation of cow udder prior to milking on the mammary blood supply and indicators of milk removal ..... 90

*AGRICULTURAL PRODUCTION STORAGE AND PROCESSING TECHNOLOGY*

- Belov A.A., Storchevov V.F., Belova M.V., Korobkov A.N.* Microwave unit for disinfection of grain and grain products ..... 101
- Gasparyan Sh.V., Zamyatina M.E., Bebris A.R., Borisov V.A., Romanova A.V.* Technological evaluation of modern varieties and hybrids of carrots suitable for production of puree and dried foods ..... 108

*TO THE 150-TH ANNIVERSARY OF TIMIRYAZEV ACADEMY*

- Belopukhov S.L., Przhevalskiy N.M., Smaryguin S.N.* Scientific and pedagogical school of chemistry in Peter's Academy of Agriculture and Forestry — Russian Timiryazev State Agrarian University ..... 114

*OUR CONGRATULATIONS*

- Loyalty to publishing service — the jubilee of Georgiy Viktorovich Belykh ..... 141

**Журнал «ИЗВЕСТИЯ ТИМИРЯЗЕВСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ»**

---

Сдано в набор 24.12.2014 г. Подписано в печать 30.12.2014 г. Формат 70 × 100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Уч.-изд. л. 9,23      Усл. печ. л. 8,94      Усл. кр.-отг. 9,61  
Тираж 500 экз.

---

Издательство РГАУ-МСХА  
127550, Москва, Тимирязевская ул., 44  
Тел. (499) 976-07-48