

ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 1 (53), 2025 г.

Журнал СМИ основан в 2012 году.
Периодичность издания – 4 номера в год.

ISBN 9 785905 402036

Учредитель и издатель – **Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»**

Главный редактор

Зотиков Владимир Иванович – член-корр. РАН

Заместитель главного редактора

Сидоренко Владимир Сергеевич – к. с.-х. наук

Ответственный секретарь

Грядунова Надежда Владимировна – к. биол. наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Амелин Александр Васильевич, д. с.-х. наук

Баталова Галина Аркадьевна, академик РАН

Бобков Сергей Васильевич, к. с.-х. наук

Бударина Галина Алексеевна, к. с.-х. наук

Васин Василий Григорьевич, д. с.-х. наук

Вишнякова Маргарита Афанасьевна, д. биол. наук

Воронов Сергей Иванович, член-корр. РАН

Головина Екатерина Владиславовна, д. с.-х. наук

Задорин Александр Михайлович, к. с.-х. наук

Зубарева Кристина Юрьевна, к. биол. наук

Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН

Панарина Вероника Игоревна, к. с.-х. наук

Привалов Фёдор Иванович, д.с.-х. н., член-корр. НАН Беларуси

Прянишников Александр Иванович, член-корр. РАН

Суворова Галина Николаевна, к. с.-х. наук

Тютюнов Сергей Иванович, академик РАН

Фенг Байли, доктор наук, профессор, Китай

Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук

Шевченко Сергей Николаевич, академик РАН

Научный редактор, корректор

Грядунова Н.В.

Технический редактор

Хмызова Н.Г.

Перевод на английский язык **Стефанина С.А.**

Фотоматериал **Черненко В.А.**

Журнал зарегистрирован в
Федеральной службе по надзору в
сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций

**Реестровая запись СМИ ПИ
№ФС77-77939**

от 19 февраля 2020 г.

**Журнал включен ВАК при
Минобрнауки РФ в Перечень
рецензируемых научных изданий
категории К2, в которых должны
быть опубликованы основные
научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени
кандидата и доктора наук**

Полные тексты статей
в формате pdf доступны на сайте
журнала: <https://journal.vniizbk.ru>

Журнал включен в
библиографическую базу данных
Российский индекс научного
цитирования (РИНЦ)
<http://eLIBRARY.RU>
и Международную базу данных
AGRIS ФАО ООН <http://agris.fao.org>

Адрес редакции, издателя,
типографии:
302502, Орловская область,
Орловский район, пос. Стрелецкий,
ул. Молодежная, д.10, корп.1
тел.:(4862) 40-32-24, 40-30-04
E-mail: office@vniizbk.ru,
jurnalzbk@mail.ru
Сайт: <https://vniizbk.ru>

Дата выхода в свет: 21.03.2025 г.
Формат А4.

Гарнитура Times New Roman.
Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»
Цена свободная.

ZERNOBOBOVYE I KRUPĀNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No. 1 (53), 2025

Scientific journal founded in 2012 year.

Frequency of publication 4 issues per year.

ISBN 9 785905 402036

Founder and Publisher – **Federal State Budgetary Scientific Institution
«Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops» (FSBSI FSC LGC)**

Editor-in-Chief: **Zotikov, Vladimir I.** – *Corresponding Member, Russian Academy of Sciences*

Deputy Editor-in-Chief: **Sidorenko, Vladimir S.** – *Deputy Director for breeding work, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.)*

Assistant Editor: **Gryadunova, Nadezhda V.** – *Leading Researcher Lab. NTI, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Biol.)*

EDITORIAL TEAM

Amelin, Aleksandr V. – *Collective Use Center «Plant Genetic Resources and Their Use» – N.V. Parakhin GAU, Orel; Dr. Sci. (Agric.).*

Batalova, Galina A. – *FSBSI Rudnitsky FANTs Severo-Vostoka, Deputy Director, Member, Russian Academy of Sciences.*

Bobkov, Sergei V. – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Physiology and Biochemistry of Plants, Cand. Sci. (Agric.).*

Budarina, Galina A. – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Agricultural Technology and Plant Protection, Cand. Sci. (Agric.)*

Vasin, Vasily G. – *Samara State Agrarian University, Head. Department of Crop Production and Agriculture, Dr. Sci. (Agric.).*

Vishnyakova, Margarita A. – *FSBSI N.I. Vavilov FITS VIGR, Head of Department, Dr. Sci. (Biol.)*

Voronov, Sergei I. – *FSBSI FRC «Nemchinovka», Director, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences, Dr.Sci.(Biol.)*

Golovina, Ekaterina V. – *FSBSI FSC LGC, Dr. Sci. (Agric.).*

Zadorin, Aleksandr M. – *FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.)*

Zubareva, Kristina Yu. – *FSBSI FSC LGC, acting Scientific Secretary, Cand. Sci. (Biol.)*

Kosolapov, Vladimir M. – *FSBSI V.R. Williams FNTs Feed Production and Agroecology, Director, Academician, Russian Academy of Sciences.*

Panarina, Veronika I., *FSBSI FSC LGC, Deputy Director for Research, Cand. Sci. (Agric.)*

Privalov, Fedor I. – *Dr. Sci. (Agric.), Corresponding Member, National Academy of Sciences of Belarus, Professor*

Pryanishnikov, Alexander I. – *JSC «Schelkovo-Agrochem», Head of the Department of Selection and Seed Production of Agricultural Crops, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences*

Suvorova, Galina N. – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Genetics and Biotechnology, Cand. Sci. (Agric.).*

Tyutyunov, Sergei I. – *FSBSI «Belgorod FARC RAS», Director, Academician, Russian Academy of Sciences*

Feng Baili – *Ph. D., Professor, Northwest A & F University, P.R. China*

Fesenko, Aleksei N. – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Buckwheat Breeding, Dr. Sci. (Biol.).*

Shevchenko, Sergei N. – *Samarskii NIISKh, Director, Member, Russian Academy of Sciences.*

Scientific editor: **Gryadunova, Nadezhda V.**

Layout, design: **Khmyzova, Natal'ya G.**

English translation: **Stefanina, Svetlana A.**

Photo: **Chernen'kii, Vitalii A.**

Journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Communications

**Media registry record III
№ФЦ77-77939
dated 19.02 2020**

The journal is included by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the List of peer-reviewed scientific publications of category K2, in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate and doctor of sciences should be published

Full texts of articles in pdf format are available at:
<https://journal.vniizbk.ru>

Journal is included in the bibliographic database Russian Science Citation Index (RSCI)

<http://eLIBRARY.RU>

and in the International Database AGRIS FAO UN <http://agris.fao.org>

Editorial office, publisher, printing address:
302502, Orlovskaja oblast', Orlovskij rajjon, pos. Streleckij, ul. Molodezhnaja, d.10, korp.1
phone:(4862) 40-32-24, 40-30-04
E-mail: office@vniizbk.ru,
jurnalzbn@mail.ru
Site: <https://vniizbk.ru>

Date of publication: 21.03.2025

Format A4.

Font Times New Roman.

Circulation 300 copies.

Printed at FSBSI «FSC LGC»

Price free.

СОДЕРЖАНИЕ

Катюк А.И., Шевченко С.Н., Булатова К.А. Формирование семенной продуктивности сортов сои разных агроэкоотипов в условиях Среднего Поволжья	5
Зотиков В.И., Зубарева К.Ю., Хрыкина Т.А. Биологизированные агроприемы в технологии возделывания сои	14
Головина Е.В. Динамика и интенсивность продукционного процесса сортов сои при использовании биологических препаратов	23
Расулова В.А. Влияние элементов технологии возделывания на продуктивность сои	32
Дидоренко С.В., Касенов Р.Ж., Альдеков А.Н., Далибаева А.М., Куныпияева Г.Т. Новый сорт сои Ай Сауле	40
Черненькая Н.А. Послевсходовые гербициды для защиты фасоли	49
Тихонов Н.П., Тихонова Т.В., Мозлов В.А., Армянинова И.С., Куликова В.А. Результаты оценки качества зерна сортов проса посевного в условиях правобережья Саратовской области	57
Голова Т.Г., Чвилева И.Н., Юрьева Н.И. Особенности формирования элементов продуктивности и качества у сортов яровой пшеницы	65
Кузьмич М.А., Сальникова Н.Б., Кузьмич Л.С., Соболева Е.В., Кондратьева О.П., Вильховой Я.Е. Сравнительная оценка линий голозерной полбы, выращиваемой на выщелоченном чернозёме Тульской области по урожайности и технологическим свойствам.	75
Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Эффективность систем основной обработки почвы и средств химизации при возделывании культур в зернопаровом севообороте	84
Дьяченко В.В., Дронов А.В., Пономарчук О.В., Дьяченко О.В. Подбор сортов клевера лугового для трехукосной схемы травопользования на серых лесных почвах юго-запада Центрального региона	93
Пимохова Л.И., Анишко М.Ю., Мисникова Н.В., Царапнева Ж.В., Хараборкина Н.И. Фунгицид с высокой активностью против грибковых болезней в посеве люпина белого	102
Радовня В.А. Новая интерпретация бочки Добенека	111
Филатова И.А., Нужная Н.А. К 90-летию со дня рождения талантливого ученого и селекционера Василия Степановича Фомина (1935-2007 гг.)	121
Грядунова Н.В. К 90-летию со дня рождения Задорина Александра Дмитриевича (1935-2012 гг.)	125

CONTENTS

Katyuk A.I., Shevchenko S.N., Bulatova K.A. Formation of seed productivity of soybean varieties of different agroecotypes in the conditions of the Middle Volga region	5
Zotikov V.I., Zubareva K. Yu., Khrykina T.A. Biologized agro-techniques in soybean cultivation technology.....	14
Golovina E.V. Dynamics and intensity of production process of soybean varieties under the use of biological preparations	23
Rasulova V.A. Influence of cultivation technology elements on soybean productivity	32
Didorenko S.V., Kassenov R.Zh., Aldekov A.N., Dalibaeva A.M., Kunypiyaeva G.T. New soybean variety Ai Saule	40
Chernenkaya N.A. Post-emergence herbicides for bean protection	49
Tikhonov N.P., Tikhonova T.V., Mozlov V.A., Armyaninova I.S., Kulikova V.A. Results of grain quality evaluation of common millet varieties in the conditions of the right bank of the Saratov region	57
Golova T.G., Chvileva I.N., Yurieva N.I. Features of the formation of elements of productivity and quality in varieties of spring wheat	65
Kuz'mich M.A., Sal'nikova N.B., Kuz'mich L.S., Soboleva E.V., Kondrat'eva O.P., Vil'khovoi Ya.E. Comparative evaluation of lines of naked grain spelt grown on leached chernozem of Tula region on yield and technological properties	75
Vorontsov V.A., Skorochkin Y.P. The effectiveness of basic tillage systems and chemicals in the cultivation of crops in the grain and fallow crop rotation	84
Dyachenko V.V., Dronov A.V., Ponomarchuk O.V., Dyachenko O.V. Selection of red clover varieties for a three-cut grass management scheme on gray forest soils in the southwest of the Central region	93
Pimokhova L.I., Anishko M.Yu., Misnikova N.V., Tsarapneva Zh.V., Kharaborkina N.I. Fungicide with high activity against fungal diseases in white lupine crop	102
Radovnya V.A. A new interpretation of the Dobenek barrel	111
Filatova I.A., Nuzhnaya N.A. On the 90 th anniversary of the birth of a talented scientist and breeder Vasily Stepanovich Fomin (1935-2007)	121
Gryadunova N.V. On the 90th anniversary of the birth of Alexander Dmitrievich Zadorin (1935-2012).....	125

ФОРМИРОВАНИЕ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ СОИ РАЗНЫХ АГРОЭКОТИПОВ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А.И. КАТЮК, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: samniish@mail.ru,
ORCID ID 0000-0002-2630-8981

С.Н. ШЕВЧЕНКО, академик РАН, E-mail: samniish@mail.ru

К.А. БУЛАТОВА, научный сотрудник, E-mail: samniish@mail.ru

САМАРСКИЙ НИИСХ ИМЕНИ Н.М. ТУЛАЙКОВА - ФИЛИАЛ САМАРСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА РАН

Аннотация. Исследование проводили с целью повышения и стабилизации семенной продуктивности при создании сортов сои Поволжского агроэкоотипа. Объектами исследований были скороспелые сорта сои разного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР и селекционных учреждений РФ, изученных в 2016-2018 гг. Опытный участок расположен в Самарской области на черноземе обыкновенном среднесуглинистом. У коллекционных сортов сои изучали особенности формирования массы семян, количества бобов, семян, семян в бобе и массы 1000 семян на плодущих узлах растения. Определяли изменчивость и взаимосвязь этих признаков для выявления важных из них при отборе высокопродуктивных генотипов. Установлено, что самыми продуктивными на растении были второй (0,50 г), третий (0,53 г) и четвертый (0,51 г) плодущие узлы, где формировалось 48% массы семян от общей массы семян с растения. Сорта очень скороспелой группы на втором, третьем и четвертом плодущих узлах формировали большую массу семян (0,52...0,55 г), чем сорта ранней группы спелости (0,44...0,49 г). Большее количество бобов (от 1,79 до 1,88 шт.) у изучаемых сортов формировалось на втором, третьем и четвертом плодущих узлах растения, а количество семян - на третьем (4,2 шт.) и четвертом (4,1 шт.) плодущих узлах растения. Количество семян в бобе было больше на третьем, четвертом и пятом плодущих узлах растения, где формировалось 2,21...2,24 шт. семян. Лучшие условия для формирования массы 1000 семян (129...135 г) складывались на первом, втором, третьем и четвертом плодущих узлах растения. Слабой изменчивостью характеризовались признаки: количество семян в бобе (3%), масса 1000 семян (7%). Масса семян плодущего узла была тесно связана с количеством семян (коэффициент корреляции 0,995), бобов (0,994), с массой 1000 семян (0,868) и с количеством семян в бобе (0,794) на плодущем узле растения.

Ключевые слова: соя, семенная продуктивность, плодущий узел, количество семян в бобе, масса 1000 семян, количество семян, количество бобов, коэффициент корреляции, коэффициент вариации, изменчивость.

Для цитирования: Катюк А.И., Шевченко С.Н., Булатова К.А. Формирование семенной продуктивности сортов сои разных агроэкоотипов в условиях Среднего Поволжья. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):5-13. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-5-13

FORMATION OF SEED PRODUCTIVITY OF SOYBEAN VARIETIES OF DIFFERENT AGROECOTYPES IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

A.I. Katyuk, S.N. Shevchenko, K.A. Bulatova

FSBSI N.M. TULAYKOV SAMARA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – BRANCH
SamFRC RAS

Abstract: *The study was conducted with the aim of increasing and stabilizing seed productivity when creating soybean varieties of the Volga agroecotype. The objects of the research were early maturing soybean varieties of different ecological and geographical origins from the collection of VIR and breeding institutions of the Russian Federation, studied in 2016-2018. The experimental site is located in the Samara region on ordinary medium loamy chernozem. The characteristics of seed mass formation, the number of beans, seeds, seeds in a bean and the mass of 1000 seeds on the fruiting nodes of the plant were studied in collection varieties of soybeans. The variability and interrelation of these features were determined to identify the important ones when selecting highly productive genotypes. It was found that the most productive on the plant were the second (0.50 g), third (0.53 g) and fourth (0.51 g) fruiting nodes, where 48% of the seed mass of the total seed mass from the plant was formed. The varieties of the very early ripening group formed a larger mass of seeds (0.52...0.55 g) on the second, third and fourth fruiting nodes than the varieties of the early ripening group (0.44...0.49 g). A greater number of beans (from 1.79 to 1.88 pcs.) in the studied varieties were formed on the second, third and fourth fruiting nodes of the plant, and the number of seeds - on the third (4.2 pcs.) and fourth (4.1 pcs.) fruiting nodes of the plant. The number of seeds in a pod was greater in the third, fourth and fifth fruiting nodes of the plant, where 2.21...2.24 seeds were formed. The best conditions for the formation of a 1000-seed mass (129...135 g) were found on the first, second, third and fourth fruiting nodes of the plant. The following traits were characterized by low variability: the number of seeds in a pod (3%), the mass of 1000 seeds (7%). The seed mass of the fruiting node was closely related to the number of seeds (correlation coefficient 0.995), pods (0.994), 1000-seed mass (0.868) and the number of seeds per pod (0.794) on the fruiting node of the plant.*

Keywords: soybean, seed productivity, fruiting node, number of seeds in a pod, weight of 1000 seeds, number of seeds, number of pods, correlation coefficient, variation coefficient, variability.

Важными компонентами урожайности зерна сои являются признаки семенной продуктивности: количество бобов, семян на растении, семян в бобе, масса семян. Уровень семенной продуктивности определяется генотипическими и средовыми факторами. Окружающая среда оказывает сильное влияние на компоненты семенной продуктивности, формирующиеся на плодущих узлах растения [1].

Попадая в стрессовые условия среды, соя может сбрасывать цветки и бобы на отдельных узлах растения. Семена, сформировавшиеся на одном растении, отличаются по морфологическим, физиологическим и биологическим признакам. Это может быть связано с неодинаковым действием на формирующиеся семена условий внешней среды, а также с неодинаковым обеспечением их питательными веществами [2].

По данным Н.Ю. Васильева наибольшее количество цветков и бобов формируется во втором ярусе растения и постепенно снижается к низу и вверх [3]. Нижний ярус растения затеняется, что ведет к опадению бобов, а верхнему ярусу растения не хватает ассимилятов из-за неполноценно развитых листьев.

F. Schwerz с соавторами установили, что вклад в формирование общего урожая больше у среднего и верхнего ярусов растения, из-за большего поглощения солнечной радиации этими ярусами [4]. Данные результаты согласуются с выводами ЛН. Moro Rosso [5]. Изучая продуктивность плодущих узлов сои разных морфотипов на главном стебле растения R. Parvej с соавторами установили, что высокая продуктивность растения у индетерминантных сортов получена на семи верхних узлах, а у детерминантных сортов сои – на втором, третьем, четвертом и седьмом узлах [6].

В исследованиях С. Wijewardana с соавторами бобы, расположенные в середине основного стебля, вносили значительный вклад в урожайность из-за их высокого коэффициента завязывания [1].

Как следует из обзора, изучению семенной продуктивности плодущих узлов как потенциальному источнику высоких урожаев у современных сортов сои посвящено много

работ, однако в условиях Среднего Поволжья таких исследований не проводилось. Поэтому результаты исследований являются актуальными.

Цель исследований – изучение особенностей формирования семенной продуктивности плодущих узлов сортов сои разных групп спелости.

Это позволит селекционным путем повысить и стабилизировать семенную продуктивность растения в изменяющихся условиях среды, а также внести изменения в практику отбора высокопродуктивных генотипов для условий Среднего Поволжья.

Условия, материалы и методы

Исследования проводили на опытных полях Самарского НИИСХ в 2016-2018 гг. Почва опытного участка чернозем обыкновенный, среднесуглинистый. Почвенное плодородие опытного участка характеризуется как малогумусное – 3,5...4,0 (по Тюрину). Почвенная среда нейтральная, рН солевой вытяжки 6,8. Содержание основных элементов питания в слое почвы 30 см. за годы опыта варьировало по легкогидролизуемому азоту (по Кьельдалю) от 71,7 до 130,2 мг/кг, по подвижным фосфатам от 228 до 340 мг/кг, по объёмному калию от 141 до 260 мг/кг. (по Чирикову).

Материалом для исследования служили скороспелые (продолжительность вегетации 87...100 дней) сорта сои разного эколого-географического происхождения отечественной и зарубежной селекции. Всего в исследовании изучали 80-100 сортов сои, из которых 70% поступило из ВИР, а оставшаяся часть от селекционных учреждений РФ. Агротехника в опыте общепринятая для сои в условиях Самарской области.

Сорта сои высевались сплошным рядовым способом с междурядьем 15 см. сеялкой СН 10Ц. Площадь делянки 3,6 м². Предшественник для сои – пар черный. Закладка опыта, необходимые учеты и наблюдения за ростом и развитием сои были проведены по Методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1985). Статистическую обработку данных проводили с помощью стандартных компьютерных программ Microsoft Excel. Достоверность результатов оценивали при $p \leq 0.05$.

Климатические условия за годы исследований в условиях Самарской области (Средневолжский регион) характеризовались засушливостью, гидротермический коэффициент (ГТК) варьировал от 0,44 (2018 г.) до 0,50 (2016 г.). Среднесуточная температура воздуха за период вегетации сои варьировала от 18,9°С (2018 г.) до 22,4°С (2016 г.).

Результаты и обсуждение

Число узлов на растении – важный признак, тесно связанный с семенной продуктивностью растения. Продуктивными считаются те узлы, на которых не только завязались бобы, но и сформировались семена [7]. Количество плодущих узлов зависит от генотипа сорта и условий выращивания. В нашем опыте в условиях богары в среднем сорта формировали семь (2017) – девять (2016, 2018 гг.) плодущих узлов.

Изучение семенной продуктивности сортов сои скороспелого типа выявило различия ее формирования на разных плодущих узлах растения (табл. 1).

Таблица 1

Масса семян на плодущих узлах растения сои, г.

Год	Порядковый номер плодущего узла (счет снизу)									Средний и доверительный интервал, г
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2016	0,37	0,47	0,53	0,52	0,46	0,34	0,23	0,13	0,10	0,35±0,10
2017	0,41	0,52	0,53	0,51	0,38	0,26	0,16			0,40±0,10
2018	0,42	0,50	0,53	0,51	0,43	0,34	0,25	0,20	0,15	0,37±0,09

В 2016 году в среднем по сортам большая масса семян (от 0,46 до 0,53 г) формировалась на втором – пятом плодущих узлах растения, при средней массе семян плодущего узла растения 0,35±0,10 г. Доля массы семян высокопродуктивных узлов в общей массе семян растения (3,2 г) в этом году составила 62%.

В 2017 и в 2018 гг. высокопродуктивными были второй – четвертый плодущие узлы. В эти годы на обозначенных узлах формировалось от 0,50 до 0,53 г семян. Средняя масса семян плодущего узла растения в 2017 году в среднем по сортам составила $0,40 \pm 0,10$ г, а в 2018 – $0,37 \pm 0,09$ г. Вклад в общую семенную продуктивность растения высокопродуктивных узлов за эти годы составил 47 56%. Масса семян с растения в 2017 г. составила 2,8 г, а в 2018 г. - 3,3 г. В среднем за годы наблюдений у изучаемых сортов большая масса семян формировалась на втором (0,50 г), третьем (0,53 г) и четвертом (0,51 г) плодущих узлах растения, при средней массе семян плодущего узла растения - $0,35 \pm 0,08$ г, а ее доля на обозначенных плодущих узлах в общей массе семян растения (3,2 г) составила 48% (рис. 1).

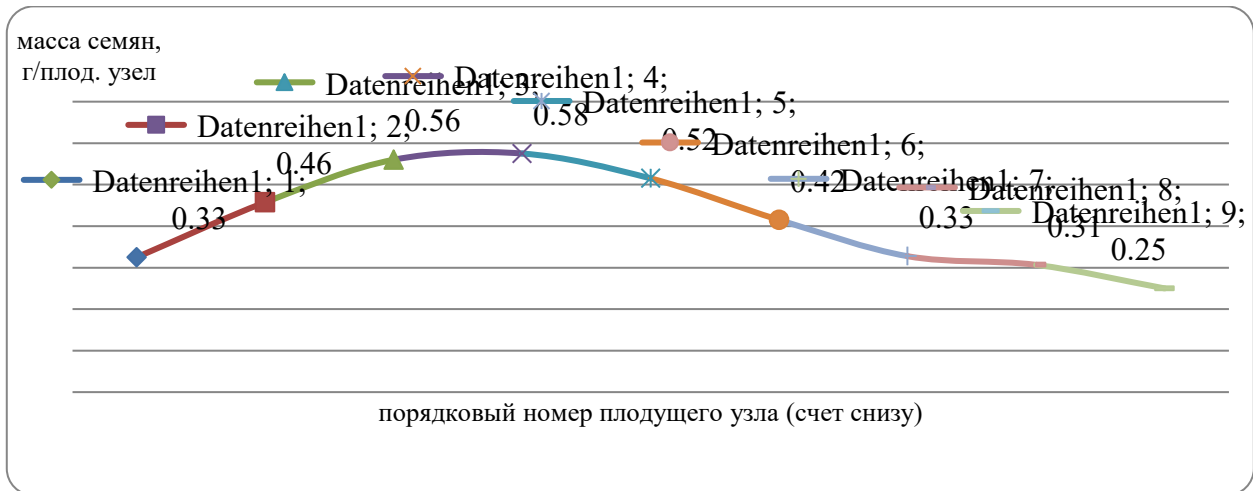


Рис. 1. Формирование массы семян на плодущих узлах растения сои. 2016-2018 гг.

Поскольку опытные сорта различались по продолжительности вегетации, было изучено формирование семенной продуктивности на разных плодущих узлах у сортов разных групп спелости. Некоторые сорта относились к очень ранней (продолжительность вегетации от 87 до 90 дней), другие к ранней (продолжительность вегетации от 95 до 110 дней) группам спелости. В среднем за годы изучения более продуктивными по массе семян были сорта очень ранней группы спелости. На самых продуктивных плодущих узлах (второй, третий, четвертый) этой группы формировалось от 0,52 до 0,55 г семян, тогда как у сортов ранней группы спелости на аналогичных высокопродуктивных узлах формировалось от 0,44 до 0,49 г семян. Среди коллекционных сортов лучшими по семенной продуктивности растения и плодущих узлов за годы наблюдений были: Самер 5, Аннушка, Оресса, Волма. На втором, третьем и четвертом плодущих узлах у перечисленных сортов формировалось от 0,50 до 0,75 г семян, а масса семян с растения у них была на уровне 3,4 - 4,8 г. В пересчете на урожай зерна с гектара – 20,4-28,8 ц.

Масса семян плодущего узла определяется количеством семян на плодущем узле и их крупностью. В свою очередь количество семян на плодущем узле определяется количеством бобов на плодущем узле и количеством семян в бобе. Количество бобов на плодущем узле является результатом баланса между освещенностью и ассимиляционной способностью, которая определяет формирование репродуктивных органов [8].

В среднем за годы наблюдений большее количество бобов в среднем по сортам формировалось на втором (1,79 шт.), третьем (1,88 шт.) и четвертом (1,82 шт.) плодущих узлах растения (рис. 2).

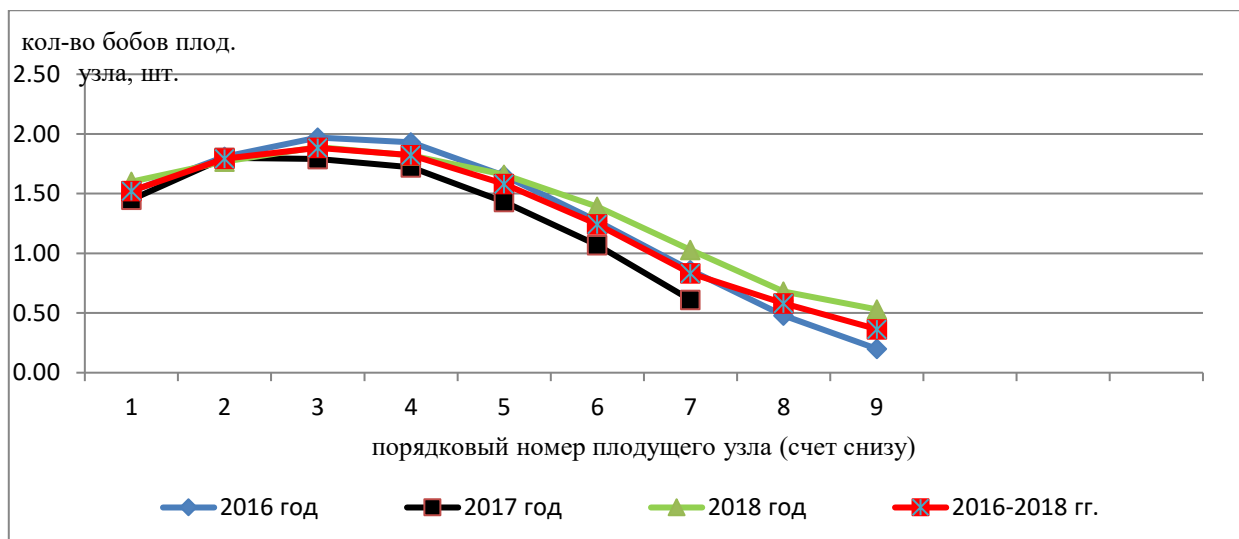


Рис. 2. Формирование количества бобов на плодущих узлах растения сортов сои

Количество бобов с этих узлов было существенно больше среднего значения этого признака по всем плодущим узлам, которое составило $1,3 \pm 0,37$ шт.

Самыми продуктивными по количеству семян, в среднем по годам и сортам были третий (4,2 шт.) и четвертый (4,1 шт.) плодущие узлы. Количество семян на указанных плодущих узлах было существенно больше средней плодущего узла растения, которая составила $3,6 \pm 0,40$ шт. (рис. 3).

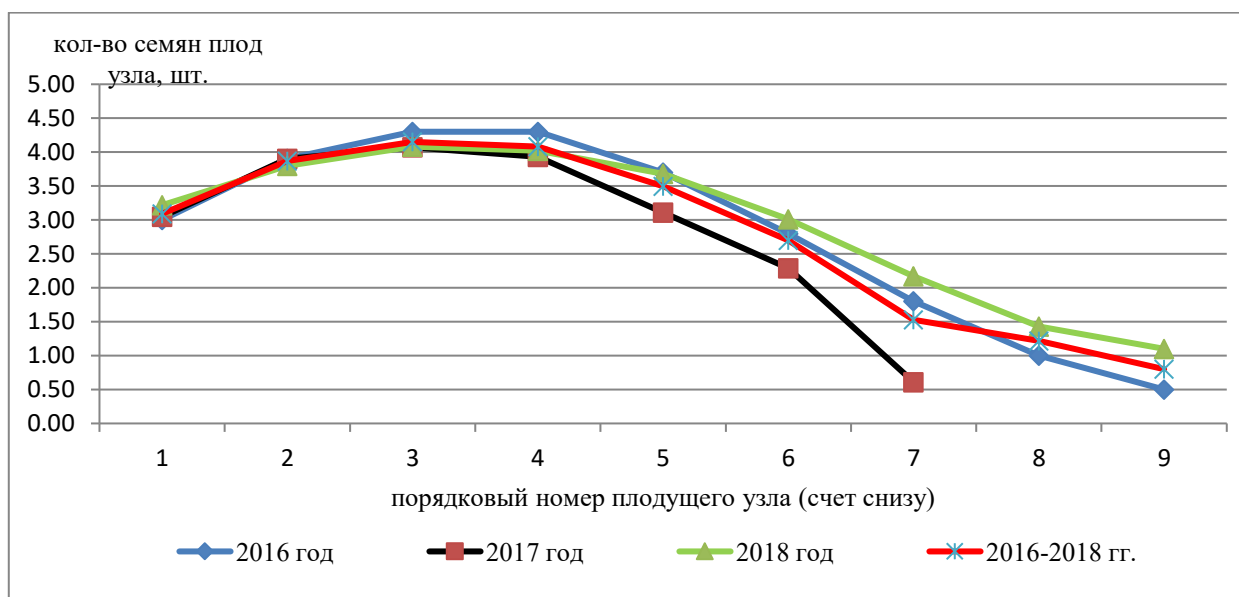


Рис. 3. Формирование количества семян на плодущих узлах растения сортов сои

В отдельно взятые годы вклад наиболее продуктивных плодущих узлов в общую урожайность изменялся. В 2016 и 2017 гг. в среднем по сортам большее количество семян формировалось на втором (3,9 и 3,9 шт.), третьем (4,1 и 4,3 шт.) и четвертом (3,9 и 4,3 шт.) плодущих узлах растения, в 2018 г – на втором (3,8 шт.), третьем (4,1 шт.), четвертом (4,0 шт.) и пятом (3,7 шт.) плодущих узлах растения, Низко продуктивными во все годы по количеству семян были последние и предпоследние плодущие узлы, на которых формировалось в среднем по сортам $0,5 \dots 1,1$ шт. семян.

Наибольшее количество семян в бобе по сравнению со средней признака ($2,0 \pm 0,2$) было в среднем по сортам и годам на третьем, четвертом и пятом плодущих узлах растения и составило 2,21...2,24 шт. (рис. 4).

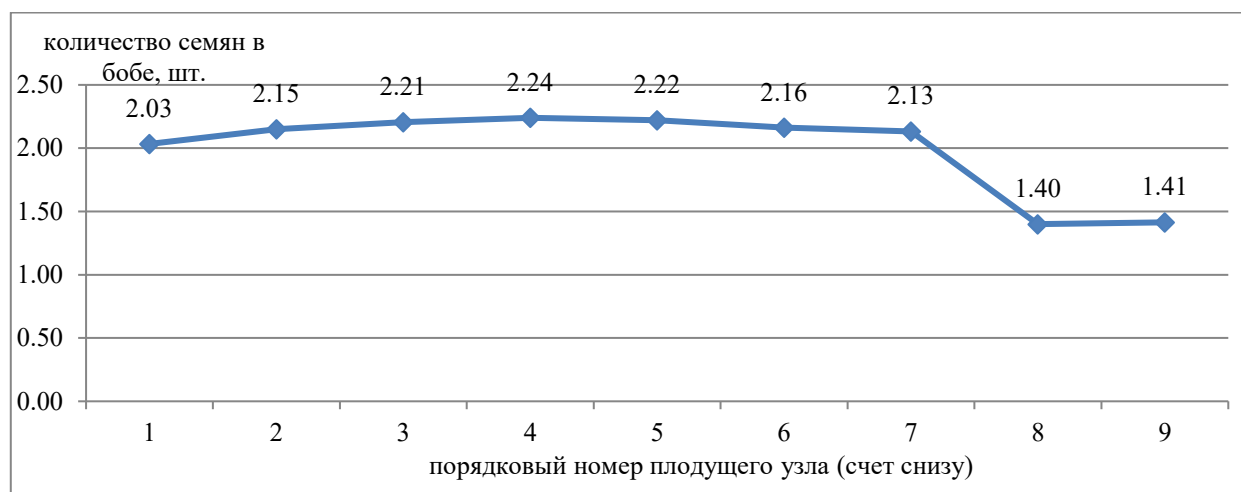


Рис. 4. Формирование количества семян в бобе на плодущих узлах растения сортов сои (среднее за 2016 - 2018 гг.).

Меньше всего было семян в бобе на восьмом (1,40 шт.) и девятом (1,41 шт.) плодущих узлах растения. В отличие от рассмотренных выше признаков, масса 1000 семян формировалась на плодущих узлах иначе. Независимо от условий выращивания наиболее крупные семена были на первом (135 г), втором (134 г), третьем (131 г) и четвертом (129 г) плодущих узлах растения (рис. 5).

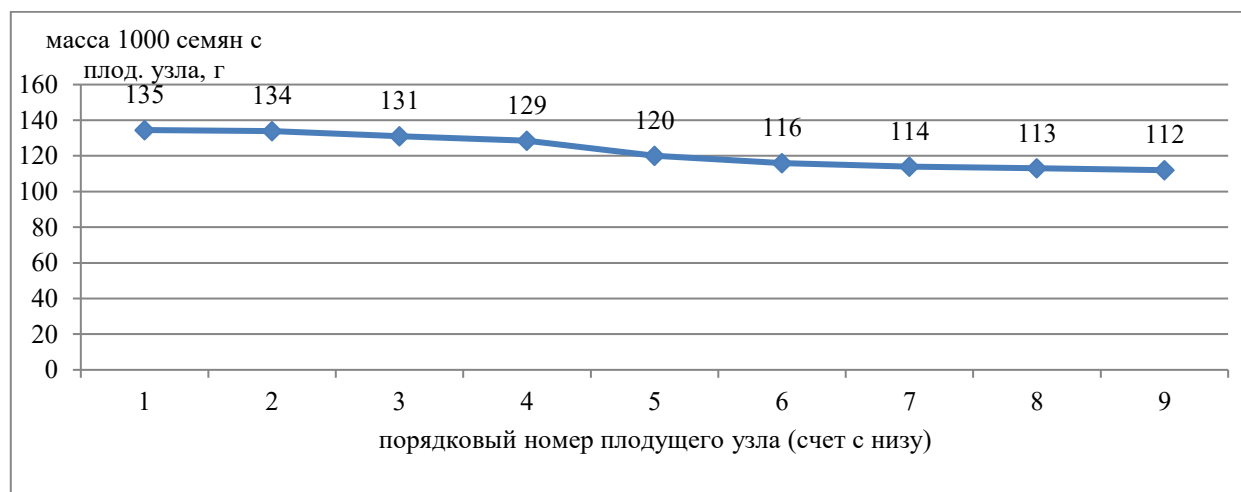


Рис. 5. Формирование массы 1000 семян на плодущих узлах растения сортов сои (среднее за 2017 - 2018 гг.).

На последующих плодущих узлах наблюдалось ее плавное снижение со 120 г до 112 г. Средняя масса 1000 семян на плодущем узле растения у изучаемых сортов составила 123 ± 6 г.

Изменчивость и взаимосвязь признаков семенной продуктивности плодущего узла. Изучение изменчивости и взаимосвязей признаков семенной продуктивности на плодущих узлах растения в изменяющихся условиях среды позволило оценить их стабильность и взаимовлияние. Эти знания позволяют раскрыть механизмы формирования семенной продуктивности, а также служат критерием при отборе высокопродуктивных генотипов и разработки модели идеального сорта [9, 10]. Изучение изменчивости

формирования признаков семенной продуктивности на разных плодущих узлах растения показало, что масса семян, число бобов и семян имели сильную степень изменчивости, а масса 1000 семян и количество семян в бобе - низкую степень изменчивости (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты вариации признаков семенной продуктивности сои, %

Признак	Годы			Средняя
	2016	2017	2018	
Масса семян с плодущего узла	47	36	38	40
Количество бобов с плодущего узла	50	31	37	39
Количество семян с плодущего узла	50	41	38	43
Количество семян в бобе с плодущего узла	4	3	3	3
Масса 1000 семян с плодущего узла	-	7	7	7

Коэффициент вариации массы семян плодущих узлов растения в среднем по годам и сортам составил 40%, количества семян – 43%, количества бобов – 39%. Коэффициент вариации массы 1000 семян плодущих узлов растения в среднем по годам и сортам составил 7%, а количества семян в бобе – 3%.

Изучение корреляционных взаимосвязей признаков семенной продуктивности плодущих узлов растения коллекционных сортов показало высокую достоверную сопряженность массы семян плодущего узла с количеством семян ($r= 0,995\pm 0,038$), бобов ($r= 0,994\pm 0,040$), массой 1000 семян ($r= 0,868\pm 0,187$) и количеством семян в бобе ($r= 0,794\pm 0,230$) плодущего узла растения (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции признаков семенной продуктивности плодущего узла растения (2016-2018 гг.).

Признак	Порядковый номер признака			
	1	2	3	4
1. Масса семян с плодущего узла	1,00			
2. Количество бобов с плодущего узла	0,994*	1,00		
3. Количество семян с плодущего узла	0,995*	0,995*	1,00	
4. Количество семян в бобе с плодущего узла	0,794*	0,839*	0,813*	1,00
5. Масса 1000 семян с плодущего узла	0,868*	0,858*	0,833*	0,566

Достоверно на 0,05 %

Количество семян на плодущем узле было тесно связано с количеством бобов ($r= 0,995\pm 0,037$), массой 1000 семян ($r= 0,833\pm 0,209$) и количеством семян в бобе ($r= 0,813\pm 0,220$) на плодущем узле. Масса 1000 семян и количество семян в бобе плодущего узла имели положительную среднюю степень корреляционной взаимосвязи ($r= 0,566\pm 0,312$).

При изучении коллекции сои мы установили, что формирование массы семян на плодущих узлах было не одинаковым и зависело не только от сортовых особенностей но и от климатических условий, складывающихся на момент развития плодущих узлов растения. В среднем по сортам начиная со второго плодущего узла наблюдался плавный рост массы семян. Максимальное значение признака наблюдалось на третьем плодущем узле. С четвертого плодущего узла масса семян плавно снижалась до минимальных значений на шестом (2016 г.), пятом (2017 г., 2018 г.) плодущих узлах растения, где формировалось 0,10-0,16 г семян (табл. 1).

Низкая продуктивность первого плодущего узла растения может быть связана со снижением фотосинтеза листьев этих узлов. По данным MA. Raза и др. (2021). Q. Li и др. (2022), соя очень чувствительна к освещению, фотосинтез у нее активно проходит при действии на листья прямого солнечного света. Поэтому важно, чтобы листья, в пазухах которых расположены соцветия и бобы, были хорошо освещены для формирования высокой продуктивности плодущего узла.

Избыточная листостебельная масса, создает конкуренцию между листьями за свет. Большая часть световой энергии приходится только на верхнюю часть листового полога, что снижает чистую продуктивность фотосинтеза.

Резкое снижение массы семян на пятом, шестом плодущих узлах и дальнейшее ее снижение на последующих плодущих узлах растения может быть связано с уменьшением продуктивной для растений влаги в почве. У сои генеративная и репродуктивная фазы развития выражены не четко, на нижних узлах растения формируются бобы, в то время на верхних плодущих узлах продолжается цветение. В течение вегетации за счет транспирации происходит иссушение верхних слоев почвы, и горизонт доступной для растений влаги опускается. Поскольку длина корней связана с наличием воды в почве, сорта, особенно с неглубокой корневой системой, из-за недостатка влаги испытывают стресс, в результате которого сбрасывают часть цветков верхних плодущих узлов.

При продолжительной засухе листья снижают фотосинтетическую активность. В результате образования активных форм кислорода в листьях происходит окислительный стресс, который ускоряет их старение. Производство и мобилизация ассимилятов для развивающихся семян снижается, из-за чего частично или полностью прекращается развитие из семязачатков семян. В таком случае на верхних плодущих узлах растения можно наблюдать пустые бобы, а в некоторых из них щуплые, недоразвитые семена. Так, например, в 2017 году в фазу цветения (третья декада июня) продуктивная влажность метрового слоя почвы под посевами сои составила 131 мм, в фазу образование завязи (первая декада августа) - 46 мм, при этом со второй декады июля по третью декаду августа наблюдался острый дефицит осадков. Поэтому, в этот год сорта в среднем формировали меньше плодущих узлов (7 шт.), чем в 2016 и 2018 гг., причем масса семян на плодущих узлах верхнего яруса растения (пятом, шестом и седьмом) была меньше на аналогичных узлах у сортов сои в 2016 и 2018 гг. (табл. 1).

Заключение

Независимо от условий выращивания в среднем у изученных коллекционных сортов сои высокий вклад в общую семенную продуктивность растения вносили второй, третий, четвертый плодущие узлы, масса семян которых варьировала от 0,50 до 0,53 г и была существенно выше средней массы семян по всем плодущим узлам растения 0,35 г. На высокопродуктивных плодущих узлах растения (второй, третий, четвертый) у сортов очень ранней группы спелости формировалось от 0,52 до 0,55 г семян, тогда как у сортов ранней группы спелости на аналогичных высокопродуктивных узлах формировалось от 0,44 до 0,49 г семян. Выявлены сорта сои Самер 5, Волма, Аннушка, Оресса с высокой семенной продуктивностью растения и плодущего узла, которые могут быть прототипами в разработке модели идеального сорта сои для условий Среднего Поволжья.

Среди признаков семенной продуктивности у сортов сои низкую степень изменчивости на плодущих узлах растения имели масса 1000 семян (коэффициент вариации 7%) и количество семян в бобе (коэффициент вариации 3%).

Не зависимо от группы спелости сортов коллекции масса семян плодущего узла была тесно связана с количеством семян (коэффициент корреляции 0,995), бобов (0,994), с массой 1000 семян (0,868) и с количеством семян в бобе (0,794) на плодущем узле растения. На основании полученных данных будет разработана модель сорта сои, адаптированного к условиям Среднего Поволжья, а также данные сведения будут использованы при отборе высокопродуктивных генотипов для целей селекции и семеноводства.

Литература/References

1. Wijewardana C., Reddy KR., Alsajri FA., Irby JT., Krutz J., Golden B. Quantifying soil moisture deficit effects on soybean yield and yield component distribution patterns. // *Irrig Sci.* 2018. no.36. P. 241–255. <https://doi.org/10.1007/s00271-018-0580-1>.
2. Елисеева Л.В., Каюкова О.В. К вопросу изучения матриакальной разнокачественности семян зерновых бобовых культур. // *Вестник Чувашской ГСХА.* – 2017. – №2. – С. 21-25.

(Eliseeva L.V., Kayukova O.V. To the question of the matric difference studying of seeds qualitu of leguminous plants. // Vestnik Chuvash SAA, 2017, no.2 P, pp. 21-25 (in Russian).

3. Васильев Н.Ю. Динамика формирования генеративных органов на различных ярусах растений сои в зависимости от нормы высева в Южной лесостепи Западной Сибири. // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 6 (42). – С. 51-53. (Vasiliev N.Yu. Dynamics of the formation of generative organs on different tiers of soybean plants depending on the seeding rate in the Southern forest-steppe of Western Siberia.// Agrarian bulletin of the Urals, 2007, no.6(42), pp. 51-53. (in Russian).

4. Schwerz F., Caron BO., Elli EF., Stolzle JR., Medeiros SLP., Sgarbossa J., Rockenbach AP. Microclimatic conditions in the canopy strata and its relations with the soybean yield. // An Acad Bras Cienc. 2019. no.91(3). P. 1-16. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180066>

5. Moro Rosso LH., Borja Reis AF., Ciampitti IA. Vertical Canopy Profile and the Impact of Branches on Soybean Seed Composition. // Front. Plant Sci. 2021. no.12. P. 725-767. doi: 10.3389/fpls.2021.725767.

6. Parvej R., Slaton NA., Purcell LC. Roberts TL. Soybean Yield Components and Seed Potassium Concentration Responses among Nodes to Potassium Fertility. // Agronomy J. 2015. no.108(2). P. 854-863. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0353>.

7. Thi Thuy Hang Vu, Thi Tuyet Cham Le, Dinh Hoa Vu, Thanh Tuan Nguyen and Thi Ngoc Pham. Correlations and path coefficients for yield related traits in soybean progenies. // Asian J. Crop Sci. 2019. no.11. P. 32-39 DOI: 10.3923/ajcs.2019.32.39.

8. Raza, MA., Hina G., Feng Y., Mukhtar A., Wenyu Y. Growth Rate, Dry Matter Accumulation, and Partitioning in Soybean (*Glycine max* L.) in Response to Defoliation under High-Rainfall Conditions. // Plants. 2021. no.10(8). P. 1497. <https://doi.org/10.3390/plants10081497>.

9. Cheng B., Wang L., Liu R., Wang W., Yu R., Zhou T., Ahmad I., Raza A., Jiang S., Xu M., Liu C., Yu L., Jing S., Liu W., Yang W. Shade-Tolerant Soybean Reduces Yield Loss by Regulating Its Canopy Structure and Stem Characteristics in the Maize-Soybean Strip Intercropping System. // Front Plant Sci. 2022. no.16(13). P. 848-893. doi: 10.3389/fpls.2022.848893.

10. Arya H., Singh MB., Bhalla PL. Towards Developing Drought-smart Soybeans. // Front. Plant Sci. 2021. no.12. P. 664-750. doi: 10.3389/fpls.2021.750664

БИОЛОГИЗИРОВАННЫЕ АГРОПРИЕМЫ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ

В.И. ЗОТИКОВ, член-корреспондент РАН, ORCID ID 0000-0001-5713-7444
К.Ю. ЗУБАРЕВА, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-7083-6730
Т.А. ХРЫКИНА, старший научный сотрудник, ORCID ID:0000-0003-2037-6059

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР,
E-mail: office@vniizbk.ru

Аннотация. В статье изложены результаты исследований 2022-2024 гг. по изучению влияния применения современных микробиологических препаратов в предпосевной обработке семян и фолиарных (листовых) подкормках в фазы 1-3-х тройчатых листьев и бутонизации на продуктивность растений и качество зерна сои новых и перспективных сортов в основном селекции ФНЦ ЗБК, различающихся по типу роста и развития растений, в условиях Орловской области.

Установлено, что применение баковой смеси микробиологических препаратов Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3, Biodux обеспечивает наибольшую прибавку урожая зерна на 0,25; 0,41 и 0,36 т/га, или на 6,1; 18,4 и 17,3% у сортов Лидер 1, Мезенка и Зуша соответственно, а также сбор белка в среднем до 1069,95 кг/га при предпосевной обработке семян и 1 листовой подкормке в фазу 1-3 тройчатых листьев. У сорта Осмонь максимальный дополнительный сбор зерна составил 0,18 т/га (7,7%) при применении только предпосевной обработке семян, сбор белка – до 1030,36 кг/га. Сорт Орлея не отзывчив на применение микробиологических препаратов.

Ключевые слова: соя, сорта, микробиологические препараты, предпосевная обработка, фолиарные подкормки, качество, урожай.

Для цитирования: Зотиков В.И., Зубарева К.Ю., Хрыкина Т.А. Биологизированные агроприемы в технологии возделывания сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):14-22. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-14-22

BIOLOGIZED AGRO-TECHNIQUES IN SOYBEAN CULTIVATION TECHNOLOGY

V.I. Zotikov, K. Yu. Zubareva, T.A. Khrykina

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, Orel

Abstract: The article presents the results of research for 2022-2024 to study the influence of the use of modern microbiological fertilizers in pre-sowing seed treatment and foliar (leaf) feeding in the phases of 1-3 trifoliolate leaves and budding on plant productivity and grain quality of soybeans of new and promising varieties, mainly bred by the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops, differing in the type of plant growth and development, in the conditions of the Oryol region.

It has been established that the use of a tank mixture of microbiological fertilizers Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3, Biodux provides the greatest increase in grain yield by 0.25; 0.41 and 0.36 t/ha, or by 6.1; 18.4 and 17.3% for the Leader 1, Mezenka and Zusha varieties, respectively, as well as protein collection on average up to 1069.95 kg/ha with pre-sowing seed treatment and 1 foliar feeding in the phase of 1-3 trifoliolate leaves. For the Osmon variety, the maximum additional grain yield was 0.18 t/ha (7.7%) when using only pre-sowing seed treatment, protein yield was up to 1030.36 kg/ha. The Orley variety is not responsive to the use of microbiological fertilizers.

Keywords: soybean, varieties, microbiological fertilizers, pre-sowing treatment, foliar feeding, quality, yield.

Одной из самых перспективных сельскохозяйственных культур в современных условиях во всем мировом сообществе и в России является в том числе соя, характеризующаяся высокой маржинальностью и отличными перспективами на рынке белкового и масложирового сегмента.

В 2024 году производство сои в России составило 70 402 тыс. ц или 103,1% по отношению к валовому сбору в 2023 году, а в Орловской области – 4 136,4 тыс. ц или 124,4% соответственно (по данным Росстата: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>, дата обращения: 17.02.2025 г.) на фоне средней урожайности культуры 16,7 ц/га по стране в целом и 20,8 ц/га по Орловской области. Несомненно, растущая тенденция напрямую связана с увеличением посевных площадей сои в хозяйствах всех категорий. По предварительным итогам формирования статистической отчетности в госорганах в 2024 году под соей в Российской Федерации было занято 4 327 тыс. га или 118,0% по отношению посевных площадей к 2023 году или 140,6% по отношению к 2019 году (рис. 1).

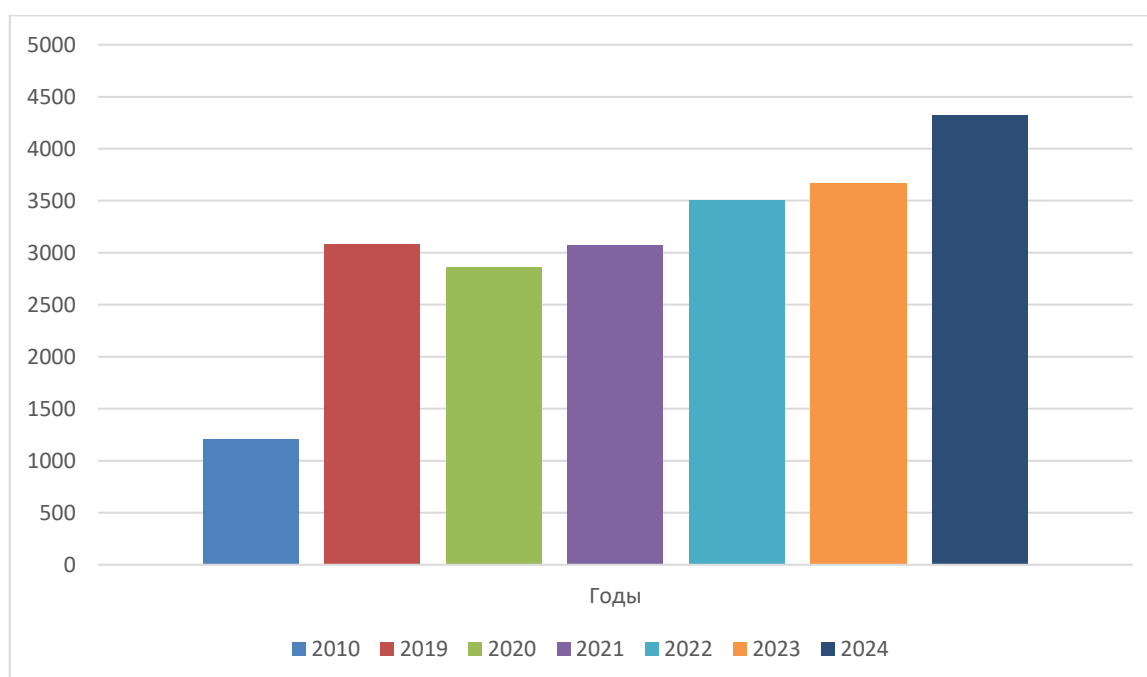


Рис. 1. Посевные площади сои в хозяйствах всех категорий РФ, тыс. га

Для сбора стабильных урожаев зерна сои высокого качества необходимо использовать научно-обоснованную и апробированную в конкретных почвенно-климатических условиях агротехнологию, реализующую биологический потенциал районированного современного отечественного (в нынешних условиях импортозамещения) сорта [1].

ФГБНУ Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур ежегодно создает новые сорта сои. За последние три года это – Орлея (внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, в 2024 году), Кураж, Делюкс (переданы на государственное сортоиспытание (ГСИ) в 2024 году), Яровит, Локомотив (переданы на ГСИ в 2023 году), Слава, Оникс 57 (переданы на ГСИ в 2022 году).

Выдающийся ученый Вавилов Н.И. говорил о том, что, когда агротехнологическими приемами невозможно увеличить урожайность или качество получаемой продукции культурного растения, то тогда «сорт решает успех дела» (1935).

Сорт является генетическим ядром рентабельного производственного процесса, поэтому важно подбирать сорта при разработке технологий возделывания в целом или фрагментарных технологических агроприемов выращивания в частности [2, 3].

В связи с вышеизложенным рост производства любой сельскохозяйственной культуры, в том числе и сои, тесно связан с использованием новых перспективных сортовых ресурсов, внедрение которых также имеет связь с постоянно расширяющимся географическим ареалом распространения, с постепенно изменяющимся климатом и аномальными погодными условиями в последние годы в периоды вегетации культурных растений, изменением технологических требований и предпочтений современных товаропроизводителей и товаропотребителей при интенсификации производственного процесса.

Цель исследований – разработка детализированных современных агроприемов выращивания новых и перспективных отечественных сортов сои с целью получения стабильных урожаев высокого качества в постоянно меняющихся условиях современности.

Материал и методы исследования

Влияние способов применения баковой смеси микробиологических препаратов нового поколения изучали в полевых опытах на серой лесной среднесуглинистой средне окультуренной почве. Учётная площадь делянки 10,0 м², повторность – четырёхкратная, размещение систематизированное. Способ посева – широкорядный (0,45 м) селекционной сеялкой Клен-1,5, норма высева для сои – 600 тысяч всхожих семян на 1 га. Исследования проведены на разных сортах сои, различающихся по морфотипу: ранний сорт Орлея детерминантного типа роста и развития селекции ФНЦ ЗБК (в Госреестре РФ с 2024 г.), ранний, с тенденцией к среднераннему сорт Лидер 1 детерминантного типа роста и развития селекции ООО «АСТ» (Курск, в Госреестре РФ с 2019 г.), ранний сорт Осмонь индетерминантного типа роста и развития селекции ФНЦ ЗБК (в Госреестре РФ с 2018 г.), ранний сорт Мезенка индетерминантного типа роста и развития селекции ФНЦ ЗБК (в Госреестре РФ с 2016 г.), среднеранний одностебельный сорт Зуша полудетерминантного типа роста и развития селекции ФНЦ ЗБК (в Госреестре РФ с 2015 г.) [4] (рис. 2). Все сорта включены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, по Центрально-Черноземному (5) региону, куда входит также и Орловская область.



Рис. 2. Посевы сои на опытном поле ФНЦ ЗБК. Фото авторов

Посев осуществлялся 24 мая в 2022 году, 13 мая в 2023 году, 18 мая в 2024 году. Предпосевная обработка семян проводилась за день до посева. Фолиарные (листовые) подкормки – в фазы 1-3 тройчатых листьев и бутонизации. Дозировка рабочих растворов для предпосевной обработки семян, проводимой заблаговременно за день до посева, – 10 л/т, для фолиарных (листовых) подкормок – 100-300 л/га при оптимальных параметрах проведения процедуры: утром или в вечернее время в безветренную погоду с помощью ручного аккумуляторного опрыскивателя Union OP-12AT в виде баковой смеси препаратов согласно схемам опытов, представленных ниже. Рабочий раствор баковой смеси микробиологических

препаратов готовили непосредственно перед выполнением манипуляций. Использовали не хлорированную воду. Совместимость микробиологических препаратов регламентированы производителем. Обработанные семена необходимо оберегать от попадания прямых солнечных лучей. Опрыскивание вегетирующих растений проводили в утренние и вечерние часы в безветренную погоду или при скорости ветра не более 4-5 м/сек. и температуре воздуха в диапазоне 18-22°C.

Борьба с сорной растительностью проводилась с помощью механизированных междурядных обработок культиватором в первой половине вегетации растений по мере необходимости. Способ уборки – прямое комбайнирование, поделяночно: 08.10.22 г. селекционным комбайном САМПО-130, 22.09.2023 г. и 15.09.2024 г. – Zürn 150 в макрофазу развития – отмирание (код ВВСН 909). Учёт урожая поделяночный. Биохимическая оценка качества зерна сои осуществлялась в лаборатории физиологии и биохимии ФНЦ ЗБК. В образцах зерна сои определялось содержание белка и жира с использованием Infratec 1241 (программа SO 090711). Результаты учёта урожая обработаны методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Схема опыта:

1 вариант (контроль) – без обработок семян и растений;

2 вариант - предпосевная обработка семян баковой смесью Organit P, 3 л/т + Organit N, 3 л/т + Pseudobacterin 3, 3 л/т + Biodux, 3 мл/т (за день до посева);

3 вариант - предпосевная обработка семян баковой смесью Organit P, 3 л/т + Organit N, 3 л/т + Pseudobacterin 3, 3 л/т + Biodux, 3 мл/т (за день до посева) + одна листовая подкормка в фазу 1-3 тройчатых листьев баковой смесью Organit P, 2 л/га + Organit N, 2 л/га + Pseudobacterin 3, 2 л/га + Biodux, 4 мл/га;

4 вариант – предпосевная обработка семян баковой смесью Organit P, 3 л/т + Organit N, 3 л/т + Pseudobacterin 3, 3 л/т + Biodux, 3 мл/т (за день до посева) + две листовые подкормки в фазу 1-3 тройчатых листьев и в период бутонизации баковой смесью Organit P, 2 л/га + Organit N, 2 л/га + Pseudobacterin 3, 2 л/га + Biodux, 4 мл/га.

Organit P – микробиологический препарат, содержащий споры штамма *Bacillus megaterium* ОРР-31, 1*10⁹ КОЕ/мл, улучшающий минеральное питание растений за счет биодоступности фосфора и калия, стимулирующий корнеобразование и рост растений за счет продуцирования поли-бета-гидромасляной кислоты и других ростстимулирующих веществ [5].

Organit N – микробиологический препарат, содержащий клетки и биологически активные метаболиты штамма *Azospirillum zeaе* ОРN-14, 1*10⁹ КОЕ/мл, улучшающий азотное питание сельскохозяйственных культур за счет способности данных свободноживущих бактерий самостоятельно фиксировать атмосферный азот и переводить его в аммонийные формы, более доступные для потребления растениями, улучшающие динамику ростовых процессов культурных растений за счет синтеза ряда веществ фитогормональной природы (биологически активных веществ) [5].

Pseudobacterin - микробиологический препарат (биофунгицид), содержащий живые клетки штамма *Pseudomonas aureofaciens* 2391Д, 2*10⁹ КОЕ/мл, обеспечивающий защиту растений от широкого спектра грибных и бактериальных фитопатогенов за счет синтеза антибиотиков феназинового ряда, не вызывающих резистентность у фитопатогенов; стимулирующих рост растений за счет бактериальных клеток, участвующих в синтезе индолил- 3-уксусной кислоты, интенсифицирующей рост корневой системы [5].

Biodux - биологический регулятор роста, содержащий биологически активный комплекс полиненасыщенных жирных кислот низшего почвенного гриба штамма *Montierella alpine* F-1134, стимулирующий развитие корневой системы и генеративных органов, повышающий устойчивость к абиотическим стрессам, усиливающий усвоение элементов минерального питания, за счет активизации на молекулярном уровне и сигнальные системы защиты, а также гены, осуществляющие контроль за ростовыми характеристиками, фитогормонами и факторами дифференцировки и развития тканей растения [5].

Все используемые микробиологические препараты внесены в Перечень средств производства для применения в системе органического и биологизированного земледелия на основе ГОСТ 33080-2016 и международных стандартов органического сельского хозяйства и разрешены для применения на широком спектре сельскохозяйственных культур, в том числе и на сое. Регламенты их применения рекомендованы компанией ГК Bionovatic. Микробиологические препараты получены в рамках Договора о сотрудничестве с ООО «Органик парк» № ОПИ 12/22 от 25.04.2022 г. Следует отметить, что каждый сорт предъявляет особые требования к его возделыванию, что в конечном итоге может отразиться на урожайности и качестве зерна полученной продукции. Погодные условия вегетационных периодов 2022-2024 годов характеризовались контрастностью метеопказателей по фенологическим фазам роста и развития растений сои (табл. 1).

Таблица 1

**Гидротермические условия вегетационного периода сои в 2022-2024 гг.
(данные метеостанции ФГБНУ ФНЦ ЗБК, г. Орел)**

Месяцы, декады		Средняя температура воздуха, °С (± к среднемногол. норме)			Сумма выпавших осадков, мм (% к среднемногол. норме)			ГТК* 2022/2023/2024 (многолетнее)
		2022	2023	2024	2022	2023	2024	
Апрель	3	-	10,8 (+0,4)	12,0 (1,6)	-	31,2 (+18,8)	1,6 (5,0)	-
Май	1	10,2 (+2,0)	8,1 (-4,5)	9,7 (-2,9)	3,9 (24,4)	8,2 (54,7)	39,4 (355,0)	1,52/0,29/1,65 (1,34)
	2	12,0 (-2,0)	15,1 (0,8)	10,5 (-3,8)	21,9 (156,4)	0 (0)	17,4 (108,0)	
	3	12,2 (-2,9)	15,3 (-0,5)	18,1 (2,3)	25,3 (120,5)	8,6 (50,6)	13,6 (80,0)	
Июнь	1	18,0 (+1,9)	15,6 (-1,4)	19,5 (2,5)	2,4 (12,0)	1,7 (11,3)	19,3 (128,7)	0,92/1,1/1,15 (1,18)
	2	18,6 (+1,8)	18,3 (+0,4)	19,8 (1,9)	18,6 (66,4)	9,6 (41,7)	36,3 (157,8)	
	3	20,5 (+3,1)	17,4 (-1,4)	19,2 (0,4)	31,5 (126,0)	44,6 (165,2)	11,8 (43,7)	
Июль	1	21,3 (+3,5)	20,7 (+1,2)	23,4 (3,9)	6,6 (19,4)	13,5 (50,0)	36,5 (135,2)	1,07/1,3/1,16 (1,42)
	2	16,5 (-1,6)	17,8 (-2,2)	23,8 (3,8)	46,0 (170,4)	6,8 (21,3)	20,4 (63,8)	
	3	19,5 (-1,4)	19,2 (-0,9)	19,4 (-0,7)	10,9 (545,0)	57,0 (203,6)	22,6 (80,7)	
Август	1	21,1 (-3,2)	22,2 (+2,5)	18,3 (-1,4)	13,3 (66,5)	14,6 (97,3)	21,1 (140,7)	0,48/0,7/0,64 (1,26)
	2	21,9 (-4,6)	21,0 (+2,4)	18,8 (0,2)	6,1 (29,0)	14,8 (82,2)	7,9 (43,9)	
	3	22,2 (+6,3)	18,0 (+0,9)	22,2 (5,1)	12,8 (58,2)	14,5 (84,8)	10,2 (46,4)	
Сентябрь	1	9,1 (-4,5)	15,7 (+0,6)	19,4 (+4,3)	2,3 (12,8)	0	0	1,67/0/0,1 (1,50)
	2	11,0 (-0,6)	14,5 (+1,5)	19,2 (6,2)	55,0 (323,6)	0	10 (63,0)	
	3	9,7 (+0,2)	15,8 (+5,0)	15,9 (+5,1)	53,7 (315,9)	0	0	

*– Гидротермический коэффициент (ГТК) по Г.Т. Селянинову

В таблице 1 четко прослеживается формирование нетипичных погодных условий для Орловской области в сентябре в 2023 и 2024 гг., которые характеризуются высокими положительными температурами (+5⁰С к среднемноголетней норме) и отсутствием дождей (0 % от нормы), однако для поздних яровых культур (в том числе и для сои) выступающие оптимальными обстоятельствами для проведения процессов уборочных работ без последующей дополнительной досушки зерна (доведения до стандартной влажности).

Результаты исследований и их обсуждение

Многие исследователи констатируют факты различной сортовой отзывчивости на применяемый комплекс одинаковых агроприемов [6-8].

Находившиеся в одинаковых почвенных, погодных и опытных условиях растения сои исследуемых сортов по-разному сформировали урожай зерна.

В опыте с комплексом микробиологических препаратов (Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3, Biodux) средняя урожайность детерминантных сортов Лидер 1 и Орлея была выше, чем у индетерминантных, в среднем за годы исследования на 2,8%, причем в 2024 г. эта разница составила 5,4%. В то же время у индетерминантных сортов Мезенка и Осмонь урожайность была стабильной по годам исследований, тогда как у детерминантных сортов Лидер 1 и Орлея, а также полудетерминантного сорта Зуша в более благоприятных по погодным условиям 2023 и 2024 гг. она была выше, чем в 2022 г., – на 17,5; 8,0; 32,3 и 17,2; 9,6 и 39,8% соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Влияние микробиологических препаратов нового поколения на урожайность зерна сои различных сортов, т/га

Варианты опыта	2022	2023	2024	Среднее за 3 года	Прибавка	
					т/га	%
Лидер 1						
Не обработанные семена и растения (контроль)	2,11	2,52	2,47	2,37	-	-
Предпосевная обработка семян	2,20	2,73	2,58	2,5	0,13	5,5
Предпосевная обработка семян+1 листовая подкормка	2,36	2,82	2,69	2,62	0,25	6,1
Предпосевная обработка семян+2 листовые подкормки	2,16	2,72	2,61	2,5	0,13	5,5
<i>Однофакторный дисперсионный анализ полевого опыта по Б.А. Доспехову</i>	0,21	0,22	0,07	-	-	-
<i>Среднее по сорту</i>	2,21	2,68	2,59	2,49		
Мезенка						
Не обработанные семена и растения (контроль)	2,27	2,14	2,27	2,23	-	-
Предпосевная обработка семян	2,44	2,38	2,49	2,44	0,21	9,4
Предпосевная обработка семян+1 листовая подкормка	2,51	2,71	2,69	2,64	0,41	18,4
Предпосевная обработка семян+2 листовые подкормки	2,48	2,61	2,59	2,56	0,33	14,8
<i>Однофакторный дисперсионный анализ полевого опыта по Б.А. Доспехову</i>	0,21	0,14	0,06	-	-	-
<i>Среднее по сорту</i>	2,43	2,46	2,5	2,46		
Орлея						
Не обработанные семена и растения (контроль)	2,86	2,59	2,54	2,66	-	-
Предпосевная обработка семян	2,71	2,62	2,61	2,65	-	-
Предпосевная обработка семян+1 листовая подкормка	2,24	2,59	2,71	2,51	-	-
Предпосевная обработка семян+2 листовые подкормки	1,78	2,62	2,67	2,36	-	-
<i>Однофакторный дисперсионный анализ полевого опыта по Б.А. Доспехову</i>	0,25	0,10	0,04	-	-	-
<i>Среднее по сорту</i>	2,40	2,61	2,63	2,55		

Зуша						
Не обработанные семена и растения (контроль)	1,73	2,19	2,31	2,08	-	-
Предпосевная обработка семян	1,94	2,57	2,61	2,37	0,29	13,9
Предпосевная обработка семян+1 листовая подкормка	2,00	2,61	2,71	2,44	0,36	17,3
Предпосевная обработка семян+2 листовые подкормки	1,78	2,47	2,75	2,33	0,25	12,0
<i>Однофакторный дисперсионный анализ полевого опыта по Б.А. Доспехову</i>	0,18	0,18	0,04	-	-	-
<i>Среднее по сорту</i>	1,86	2,46	2,6	2,31		
Осмось						
Не обработанные семена и растения (контроль)	2,40	2,33	2,26	2,33	-	-
Предпосевная обработка семян	2,56	2,56	2,41	2,51	0,18	7,7
Предпосевная обработка семян+1 листовая подкормка	2,47	2,54	2,49	2,5	0,17	7,3
Предпосевная обработка семян+2 листовые подкормки	2,23	2,45	2,51	2,4	0,07	3,0
<i>Однофакторный дисперсионный анализ полевого опыта по Б.А. Доспехову</i>	0,20	0,21	0,04	-	-	-
<i>Среднее по сорту</i>	2,42	2,47	2,42	2,44		

У сортов Лидер 1, Мезенка и Зуша наибольшие достоверные прибавки урожая, в сравнении с контролем, отмечены на варианте с предпосевной обработкой и 1 листовой подкормкой, в 2022 г. они составили соответственно 0,25; 0,24 и 0,28 т/га (11,8; 10,6 и 15,6%), в 2023 г. – 0,3; 0,57 и 0,42 т/га (11,9; 26,6 и 19,2%), в 2024 г. – 0,22; 0,42 и 0,4 т/га (8,9; 18,5 и 6,7%). У сорта Зуша в 2024 году максимальная прибавка урожая зерна фиксируется на варианте с 2 листовыми подкормками, которая составляет 0,44 т/га или 19,1%. У сорта Осмось самую высокую прибавку урожая зерна наблюдали в варианте с применением только предпосевной обработки, в 2022 г. она составила 0,16 т/га (6,7%), в 2023 г. – 0,23 т/га (9,9%). Однако в 2024 году максимальная прибавка фиксируется на варианте с 2 листовыми подкормками – 0,25 т/га или 11,1%.

Отзывчивости у сорта Орля на применение микробиологических препаратов в технологии возделывания не наблюдается. Сорт Орля характеризуется в среднем самой высокой урожайностью по годам исследований.

Использование баковой смеси микробиологических препаратов Organi P, Organit N, Pseudobacterin 3, Biodux по-разному влияло на формирование качественных показателей зерна сои (рис. 3).

В среднем за 3 года максимальная прибавка белка в зерне сои наблюдается у сортов Мезенка – 0,8 и 0,65% (на вариантах с предпосевной обработкой в совокупности с 1 и 2 листовыми подкормками); Осмось – 0,65 и 0,5% соответственно; Лидер 1 – 0,4 и 0,5%; Орля – 0,4 и 0,35%. У сортов Зуша прибавки по вариантам опыта составили в пределах 0,15-0,25%.

Наряду с увеличением белка в зерне, содержание жира уменьшалось. При применении микробиологических препаратов в технологии возделывания сои за 3 года сбор белка в среднем по сортам и опытным вариантам составил от 968,12-1110,88 кг/га (табл. 3).

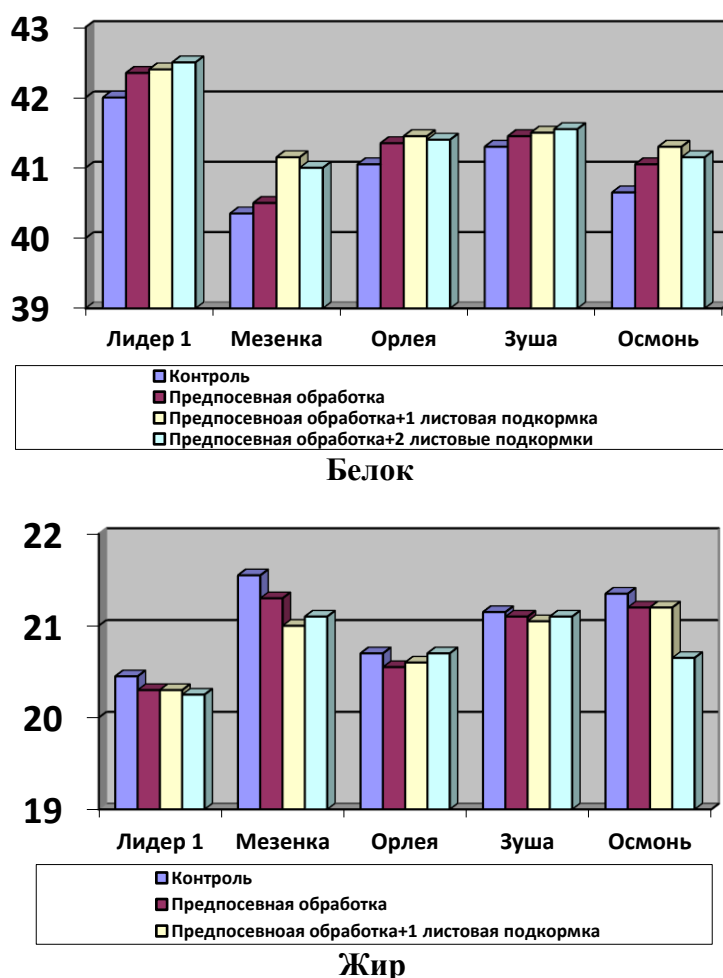


Рис. 3. Содержание белка и жира в зерне сои в зависимости от применения микробиологических препаратов, % (среднее за 2022-2024 гг.)

Таблица 3

Сбор белка сои в зависимости от элементов системы питания и сорта, кг/га

Обработка семян и посевов	Сорта				
	Лидер 1	Мезенка	Орля	Зуша	Осмонь
Не обработанные семена и растения (контроль)	995,4	899,81	1091,93	859,04	947,15
Предпосевная обработка семян	1058,75	988,2	1095,78	982,37	1030,36
Предпосевная обработка семян+1 листовая подкормка	1110,88	1086,36	1040,40	1012,6	1030,0
Предпосевная обработка семян+2 листовые подкормки	1062,5	1049,6	977,04	968,12	987,6

Заключение

Получены экспериментальные данные (2022-2024 гг.) о применении в предпосевной обработке семян и фолиарных (листовых) подкормках в фазы 1-3 тройчатых листьев и бутонизации растений баковой смеси микробиологических препаратов Organit P, 3 л/т (2 л/га), Organit N, 3 л/т (2 л/га), Pseudobacterin 3, 3 л/т (2 л/га), Biodux, 3 мл/т (4 мл/га), при выращивании новых и перспективных сортов сои, различающихся по архитектонике.

Выявлены сортовые особенности сои при различных способах применения микробиологических препаратов третьего поколения при разных погодных условиях вегетационных периодов в годы исследований. У сортов Лидер 1, Мезенка и Зуша

максимальная эффективность (в среднем за 3 года 2,62; 2,64 и 2,44 т/га соответственно) наблюдается при использовании препаратов для предпосевной обработки и некорневой подкормки в фазу 1-3 тройчатых листьев; у сорта Осмонь наибольшую урожайность (2,51 т/га) дала предпосевная обработка семян. Сорт Орлея не отзывчив на применение микробиологических препаратов.

Выявлена разная отзывчивость сортов сои на применение микробиологических препаратов по формированию качественных характеристик зерна. Максимальным повышением содержания белка в зерне отреагировали индетерминантные сорта Мезенка и Осмонь на уровне 0,65-0,8% в зависимости от вариантов опыта.

Литература

1. Жаркова С.В. Отзывчивость сои на используемые элементы агротехнологии при формировании урожайности. // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 7-2 (82). – С. 41-43. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-7-2-41-44.
2. Ващенко А.П., Мудрик Н.В., Филенко П.П., Дега Л.А., Чайка Н.В., Кашуетин Ю.С. Соя на Дальнем Востоке. // Владивосток: Дальнаука, – 2010. – 435 с.
3. Толоконников В.В., Вронская Л.В., Кошкарлова Т.С. Влияние норм посева на продуктивность сои с различными сроками созревания в условиях орошения. // Орошаемое земледелие. – 2022. – № 3 (38). – С. 21-24. – DOI 10.35809/2618-8279-2022-3-3.
4. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2024. – 620 с.
5. Каталог продуктов Bionovatic. URL: <https://bionovatic.ru/catalog> (дата обращения: 18.02.2025).
6. Головина Е.В., Леухина О.В. Экзогенная регуляция симбиотической деятельности новых сортов сои в условиях ЦЧР. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 2 (50). – С. 30-39. – DOI 10.24412/2309-348X-2024-2-30-39.
7. Акулов А.С., Васильчиков А.Г. Разработка элементов технологии возделывания новых сортов сои на основе использования внекорневых подкормок органоминеральными микроудобрениями и ЖКУ. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 4 (44). – С. 58-63. – DOI 10.24412/2309-348X-2022-4-58-63.
8. Зотиков В.И., Зубарева К.Ю. Использование микробиологических препаратов при возделывании перспективных сортов сои в условиях Орловской области. // Российская сельскохозяйственная наука. – 2024. – № 4. – С. 14-19. – DOI 10.31857/S2500262724040034.

References

1. Zharkova S.V. Responsiveness of soybean to the used elements of agrotechnology in the formation of yields. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2023, no.7-2 (82), pp. 41-43. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-7-2-41-44.
2. Vashchenko A.P., Mudrik N.V., Filenko P.P., Dega L.A., Chaika N.V., Kashuetin Yu.S. Soybeans in the Far East. Vladivostok: Dal'nauka, 2010, 435 p.
3. Tolokonnikov V.V., Vronskaya L.V., Koshkarova T.S. Influence of sowing rates on productivity of soybean with different maturity dates under irrigation conditions. *Oroshaemoe zemledelie*. 2022, no. 3(38), pp. 21-24, DOI 10.35809/2618-8279-2022-3-3.
4. State Register of Varieties and Hybrids of Agricultural Plants Approved for Use: Official Edition. Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2024, 620 p.
5. Bionovatic Products Catalog. URL: <https://bionovatic.ru/catalog> (accessed: 18.02.2025).
6. Golovina E.V., Leukhina O.V. Exogenous regulation of symbiotic activity of new soybean varieties in the conditions of the Central Black Earth Region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2024, no. 2(50), pp. 30-39. DOI 10.24412/2309-348X-2024-2-30-39.
7. Akulov A.S., Vasil'chikov A. G. Development of elements of cultivation technology of new soybean varieties based on the use of foliar fertilization with organomineral microfertilizers and liquid complex fertilizers. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2022, no. 4(44), pp. 58-63. DOI 10.24412/2309-348X-2022-4-58-63.
8. Zotikov V.I., Zubareva K.Yu. Use of microbiological preparations in cultivation of promising soybean varieties under conditions of Orel region. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2024, no. 4, pp. 14-19. DOI 10.31857/S2500262724040034.

ДИНАМИКА И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА СОРТОВ СОИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

Е.В. ГОЛОВИНА, доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: kat782010@mail.ru

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В ходе роста реализуется наследственная программа формообразования, которая определяет интенсивность накопления биомассы растениями. Рост – ведущий физиологический процесс, по масштабам и интенсивности которого можно судить о конкретной реализации программы урожая. Изучение динамики и интенсивности ростовых процессов при использовании регуляторов роста в условиях определенной почвенно-климатической зоны актуально, так как позволяет оценить потенциальную продуктивность новых сортов сои. В 2021-2023 гг. в полевом опыте исследовались новые сорта сои: индетерминантные сорта Слава и Лидер 10, детерминантный сорт Орлея. В опыт входили следующие варианты: 1. контроль (к), 2. инокуляция (ин), 3. обработка гумифулином (г), 4. инокуляция и обработка гумифулином (ин + г). Установлено: регуляторы роста оказывали положительное воздействие на растения сортов сои в течение вегетации, максимальный эффект отмечен в период генеративного развития. Реакция сортов сои на применяемые препараты различна. Наибольшее увеличение изученных показателей наблюдалось у сорта Слава в варианте с гумифулином в течение вегетации, у сорта Лидер 10 – при совместном применении инокуляции и гумифулина в фазу плодообразования, у сорта Орлея – в фазу бутонизации при обработке гумифулином, в фазу плодообразования – при одновременном использовании инокуляции и гумифулина. Наиболее активные ростовые процессы, интенсивное накопление сухого вещества и максимальная реакция на регуляторы роста у скороспелого сорта Орлея наблюдались в вегетативную фазу, у среднеспелого сорта Лидер 10 – в генеративный период. У сорта Лидер 10 максимальные из изученных сортов сухая надземная масса 28,8 г/раст., подземная масса 3,1 г/раст., интенсивность продукционного процесса надземной массы 1014,2 мг/сут./раст. и подземной массы 100,4 мг/сут./раст. Под влиянием погодных условий проявлялись адаптивные реакции растений сои. При ограниченной влагообеспеченности возрастали масса листьев и корней и их доля в общей массе растения, а также интенсивность продукционного процесса. Между интенсивностью продукционного процесса и массой зерна установлена положительная взаимосвязь как в фазу бутонизации, так и в фазу плодообразования на среднем уровне $r=0,450-0,645$.

Ключевые слова: соя, динамика и интенсивность ростовых процессов, регуляторы роста, продуктивность.

Для цитирования: Головина Е.В. Динамика и интенсивность продукционного процесса сортов сои при использовании биологических препаратов. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):23-31. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-23-31

DYNAMICS AND INTENSITY OF PRODUCTION PROCESS OF SOYBEAN VARIETIES UNDER THE USE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS

E.V. Golovina

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract: *In the course of growth, the hereditary program of shape formation is implemented, which determines the intensity of biomass accumulation by plants. Growth is a leading physiological process, on the scale and intensity of which it is possible to judge the specific implementation of the yield program. The study of dynamics and intensity of growth processes when using growth regulators in the conditions of a certain soil and climatic zone is relevant, as it allows us to assess the potential productivity of new soybean varieties. In 2021-2023, new soybean varieties were studied in the field experiment: the indeterminant varieties Slava and Leader 10, and the determinant variety Orlea. The experiments included the following variants: 1. control (c), 2. inoculation (in), 3. humifulin treatment (h), 4. inoculation and humifulin treatment (in + h). It was revealed: growth regulators had a positive effect on plants of soybean varieties during vegetation, the maximum effect was observed during the period of generative development. The reaction of soybean varieties to the applied preparations is different. The greatest increase in the studied indicators was observed in the variety Slava in the variant with humifulin during vegetation, in the variety Leader 10 - in the joint application of inoculation and humifulin in the fruiting phase, in the variety Orleya - in the budding phase with humifulin treatment, in the fruiting phase with simultaneous use of inoculation and humifulin. The most active growth processes, intensive dry matter accumulation and maximum response to growth regulators in the early ripening variety Orleya were observed in the vegetative phase, in the medium-ripening variety Leader 10 - in the generative period. The variety Leader 10 has the maximum of the studied varieties dry above-ground mass 28.8 g/plant, underground mass 3.1 g/plant, intensity of the production process of above-ground mass 1014.2 mg/day/plant and underground mass 100.4 mg/day/plant. Adaptive reactions of soybean plants were manifested under the influence of weather conditions. Under limited moisture availability, the mass of leaves and roots and their share in the total plant mass, as well as the intensity of the production process increased. A positive relationship was established between the intensity of the production process and grain weight both in the budding and fruiting phases at the average level of $r=0.450-0.645$.*

Keywords: soybean, dynamics and intensity of growth processes, growth regulators, productivity.

Введение

Растение – это сложная, саморегулирующаяся и саморазвивающаяся система, представляющая собой совокупность элементов различного уровня (клеток, тканей, органов), взаимодействующих друг с другом и окружающей средой. Морфофизиологические процессы генетически детерминированы и определяются видовой и сортовой специфичностью. В ходе роста реализуется наследственная программа формообразования, которая определяет интенсивность накопления биомассы растениями. Рост – ведущий физиологический процесс, по масштабам и интенсивности которого можно судить о конкретной реализации программы урожая (В.В. Полевой, 1997, В.С. Шевелуха, 1992) [1]. Растение функционирует благодаря сложной системе регуляторного аппарата, включающего прямые и обратные связи, промежуточные «емкости» для накопления ассимилятов, шунты и т. д., обеспечивающие существование организма в различных условиях. В ходе онтогенеза происходит изменение интенсивности и направленности обменных процессов, активности ферментов, соотносящихся с фазами развития. Продуктивность растений тесно связана с ростом и фотосинтезом – двумя кардинальными физиологическими процессами (В.А. Драгавцев, Г.В. Удовенко, Н.Ф. Батыгин и др., 1995).

Реализация программы роста и развития организма индуцируется специфическими экзогенными и эндогенными факторами физической и химической природы, в том числе регуляторами роста растений [2, 3]. По определению Л.Д. Никелла (1984) «регуляторы роста растений – это природные или синтетические химические вещества, применяемые для обработки растений в целях изменения процессов их жизнедеятельности или структуры для улучшения их качества, увеличения урожайности или облегчения уборки». Использование органических удобрений и инокулянтов в сельском хозяйстве создает предпосылки для перехода к экологически устойчивому земледелию, в котором производство продукции

осуществляется при минимальной нагрузке на окружающую среду и экономически более выгодно, чем при интенсивном земледелии [4, 5, 6].

Изучение динамики и интенсивности ростовых процессов при использовании регуляторов роста в условиях определенной почвенно-климатической зоны актуально, так как позволяет оценить потенциальную продуктивность новых сортов сои. В связи с этим **цель** исследований состояла в изучении динамики и интенсивности продукционного процесса новых сортов сои при воздействии регуляторов роста.

Материал и методы исследований

В 2021-2023 гг. в полевом опыте на экспериментальной базе Селекционно-семеноводческого центра сои ФГБНУ ФНЦ ЗБК исследовались новые сорта сои: индетерминантный сорт Слава (селекции ФНЦ ЗБК, переданный на государственное сортоиспытание в 2022 г), индетерминантный сорт Лидер 10 (селекции ООО «АСТ», включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2020 г.) и детерминантный сорт Орлея (селекции ФНЦ ЗБК, внесен в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2024 г.). В опыт входили следующие варианты: 1. контроль (к), 2. инокуляция (ин), 3. обработка гумифулином (г), 4. инокуляция и обработка гумифулином (ин + г). Предшествующая культура – озимая пшеница. Почва опытных участков тёмно-серая лесная суглинистая. С мощностью гумусового горизонта 30...35 см., влажностью устойчивого завядания 9,7% от объёма почвы. Содержание гумуса в пахотном горизонте (по Тюрину) 4,3...5,6%, легкогидролизуемого азота (по Кононовой и Тюрину) 6,4...10,1 мг/100 г почвы, обменного калия (по Масловой) 7...15 мг/100 г почвы, подвижного фосфора (по Кирсанову) 6,8...16,5 мг/100 г почвы, сумма поглощённых оснований (по Каплену) 18,5...26,2 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями 83...91%, рН солевой вытяжки (по Алямовскому) 5,3...6,0, гидролитическая кислотность (по Каплену) 1,7...6,3 мг-экв./100 г почвы. Сорта выращивали на делянках 10 м² по принятой для зоны технологии, норма высева 600 тыс. семян/га.

Семена перед посевом обрабатывались ризоторфином, содержащим штамм ризобий 634а – 250 г на гектарную норму семян и гумифулином – 300 мл концентрата +12 л воды/т семян. В фазу всходов проводилось опрыскивание растений гумифулином 2 л концентрата +300 л воды/га, в фазу бутонизация – фолиарная подкормка 3 л концентрата + 300 л воды/га. Гумифулин представляет собой комплекс гуминовых кислот, фульвокислот и их солей. В его состав также входят азот, фосфор, калий.

В исследованиях осуществляли учёты и наблюдения в соответствии с действующими методическими рекомендациями: отбор проб для анализа в фазы бутонизации, цветения, плодообразования и полного созревания (*Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами.* – М., 1997); изучение динамики формирования и накопления зелёной массы (*Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами.* – Краснодар, 2010); изучение симбиотической деятельности по Посыпанову Г.С. (1991). Нитрогеназную активность определяли с помощью газового хроматографа ФГХ-1. Математическая обработка данных проводилась с помощью дисперсионного анализа (Б.А. Доспехов, 1985).

В 2021 г. в течение вегетации складывались следующие погодные условия. В конце мая – начале июня в период всходы – 1 настоящий лист температура ниже среднемноголетней на 1,0°C, количество осадков в пределах нормы. Со 2-ой декады июня по 2-ю декаду июля (ветвление – начало плодообразования) температура выше нормы на 2,2-7,0°C, количество осадков ниже среднемноголетних значений в среднем на 62,0%. То есть в то время, когда растения сои проходили фазы бутонизации, цветения, начала плодообразования, считающиеся критическими по требованию к влагообеспеченности (не менее 70,0-80,0% ВВП), сложились неблагоприятные жаркие и засушливые погодные условия. Несмотря на это ГТК за вегетационный период составил 1,9, так как в начале мая и в 3-ей декаде августа – в сентябре осадки превышали норму.

В 2022 г. в мае температура была на 2-3°C ниже нормы, осадков выпало 121-156% нормы. В связи с этим всходы появились лишь на 16 сутки после посева. В июне – августе в генеративный период (бутонизация – налив бобов) погодные условия были благоприятными для сои: температура выше нормы на 1,5-6,0°C, увлажнение достаточное. ГТК=2,3.

В 2023 г. в мае и 1-ой декаде июня (посев, всходы, 1 настоящий лист) сложились неблагоприятные условия: температура ниже нормы на 0,5-1,0°C, осадки отсутствовали или составляли от 4,0% до 50,0% нормы. В 3-ей декаде июня – 1-ой декаде июля (бутонизация – цветение) количество осадков и температура в пределах нормы. Во 2-3-ю декады июля (налив бобов) температура ниже нормы на 0,9°C, осадки выпадали неравномерно, что возможно отрицательно повлияло на продуктивность. ГТК=1,3.

Результаты и их обсуждение

С явлением роста связаны процессы, протекающие на молекулярном, субклеточном, тканевом, органном и организменном уровнях. Фотосинтез, поглощение и превращение элементов корневого питания, синтез белков, дыхание, деление клеток и их дифференциация, морфогенез включены в сложный процесс роста. Но если речь идет об организме, то достаточно рассматривать простое накопление биомассы и увеличение размеров органов, не затрагивая явлений, протекающих на нижних уровнях организации. Количественную сторону роста характеризуют в определенные моменты накоплением и скоростью накопления (Батыгин Н.Ф., 1995).

Установлена высокая степень корреляции показателей роста с параметрами продукционного процесса и урожаем (Шевелуха В.С., 1992). В связи с этим изучение динамики ростовых процессов имеет существенное практическое значение. Формирование сухого вещества надземной массы и корневой системы является объективным показателем роста растений под действием изучаемых факторов.

В результате проведенных исследований на новых сортах сои установлено, что количество накапливаемого сортами сои сухой фитомассы зависело от интенсивности ростовых процессов на том или ином этапе онтогенеза, а также от продолжительности вегетации. В период вегетативного развития (от всходов до бутонизации) изучаемые сорта незначительно отличались по интенсивности накопления сухого вещества (табл. 1). Скороспелый сорт Орлея в среднем по вариантам превосходил по интенсивности продукционного процесса сорта Слава и Лидер 10 на 4,0 мг/сут./растение (надземная масса). Подземная масса формировалась у Орлея на 1,4 мг/сут./растение динамичнее, чем у Славы и на одном уровне с Лидером 10. В варианте с гумифулином интенсивность продукционного процесса при образовании надземной массы выше по сравнению с контролем у сорта Слава на 30,0% (77,8 мг/сут./растение), у сорта Орлея на 7,0% (77,0 мг/сут./растение). Формирование подземной массы у Орлея под воздействием гумифулина происходит интенсивнее на 13,0%. У сорта Лидер 10 в этот период положительная реакция на регуляторы роста отсутствовала.

На этапе бутонизация - плодообразование наиболее динамично продукционный процесс происходил у сорта Лидер 10. В среднем по вариантам этот показатель составил 792,3 мг/сут./растение по надземной массе и 86,5 мг/сут./растение по подземной массе, что выше, чем у остальных сортов на 27,0-42,0% и на 52,0-56,0% соответственно.

Ризоторфин и гумифулин оказывали положительное влияние на интенсивность продукционного процесса у сортов Слава и Лидер 10 во всех вариантах, у Орлея при совместном применении этих регуляторов роста. Максимальный эффект отмечен у Славы при обработке гумифулином: интенсивность продукционного процесса возростала по сравнению с контролем на 55,6% по надземной массе и на 41,0% по подземной массе. В количественном выражении интенсивность продукционного процесса составила в этом случае 775,5 мг/сут./растение и 66,5 мг/сут./растение. У сорта Лидер 10 наибольшая реакция на регуляторы роста отмечена в варианте инокуляция + гумифулин. Прибавка равнялась 55,0% и 25,0%, а интенсивность продукционного процесса составила 1014,2 мг/сут./растение и 100,4 мг/сут./растение. У Орлея интенсивность продукционного процесса, как у

скороспелого сорта, в этот период низкая; реакция на регуляторы роста или отсутствовала или была невысокой.

Таблица 1

**Интенсивность продукционного процесса растений сортов сои, мг/сут./растение
Среднее за 2021-2023 гг.**

Сорт	Вариант	Всходы - бутонизация		Бутонизация - плодообразование	
		Надземная сухая масса	Подземная сухая масса	Надземная сухая масса	Подземная сухая масса
Слава	Контроль	59,7	15,1	498,3	47,2
	Инокуляция	64,3	14,5	589,5	55,6
	Гумифулин	77,8	14,0	775,5	66,5
	Инок. +Гум..	65,4	14,8	630,7	52,1
	\bar{x}	66,8	14,6	623,5	55,4
Орлея	Контроль	71,9	15,6	582,3	57,0
	Инокуляция	61,4	14,7	542,5	46,4
	Гумифулин	77,0	17,6	478,6	55,9
	Инок. +Гум.	72,1	16,0	621,3	69,2
	\bar{x}	70,6	16,0	556,2	57,1
Лидер 10	Контроль	73,3	16,2	653,4	80,3
	Инокуляция	70,2	16,2	818,1	89,6
	Гумифулин	57,5	15,0	683,5	75,8
	Инок. +Гум.	65,6	15,3	1014,2	100,4
	\bar{x}	66,7	15,7	792,3	86,5
	\bar{x} по сортам	68,0	15,4	657,3	66,3

В начальный период развития (всходы – бутонизация) влияние инокуляции и гумифулина на продукционный процесс не проявлялось или было слабым (рис. 1-3). Наиболее значительная реакция в фазу бутонизации наблюдалась у сорта Слава: в варианте с гумифулином по сравнению с контролем надземная масса возрастала на 31,0%, подземная – на 4,5%. У Орлеи при обработке гумифулином эти показатели увеличивались на 6,0% и 13,0% соответственно. В среднем за 3 года в фазу бутонизации в варианте с гумифулином сформирована максимальная сухая надземная масса у сортов Слава и Орлея 2,3 г/растение и подземная масса у сорта Орлея 0,52 г/растение. У Лидера 10 сухая масса ниже контроля во всех вариантах.

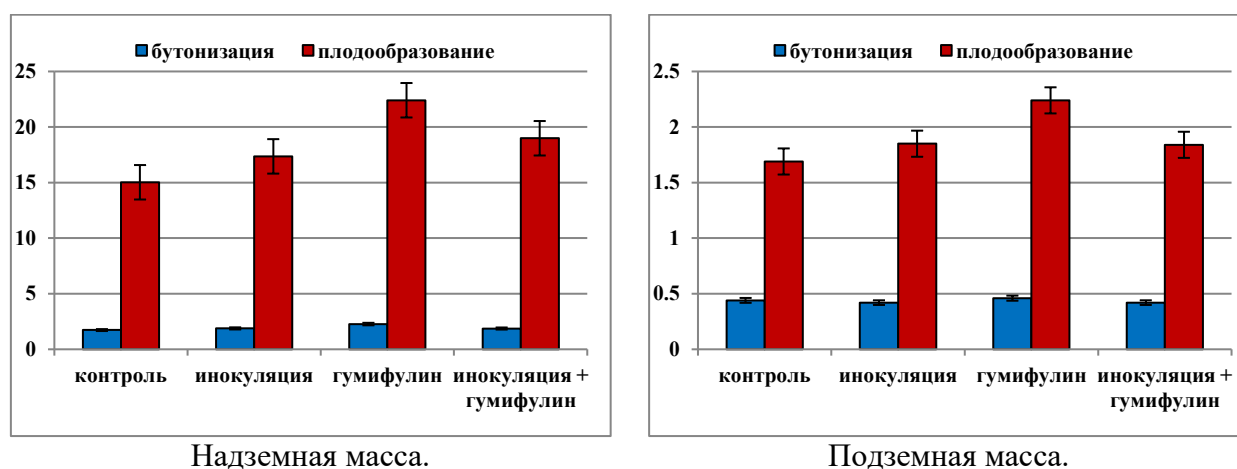


Рис. 1. Динамика продукционного процесса растений сорта сои Слава, г/растение, среднее за 2021-2023 гг.

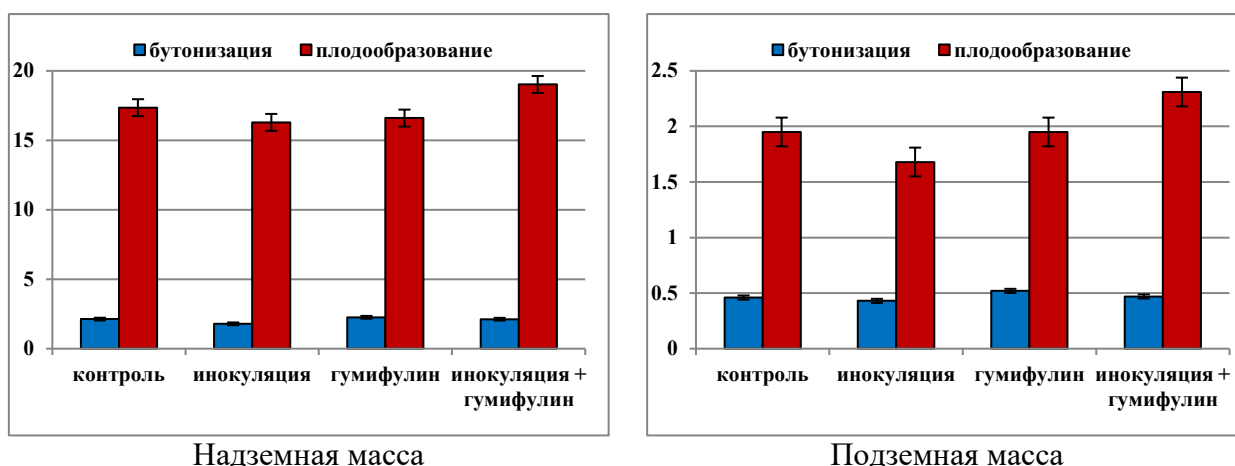


Рис. 2. Динамика продукционного процесса растений сорта сои Орля, г/растение, среднее за 2021-2023 гг.

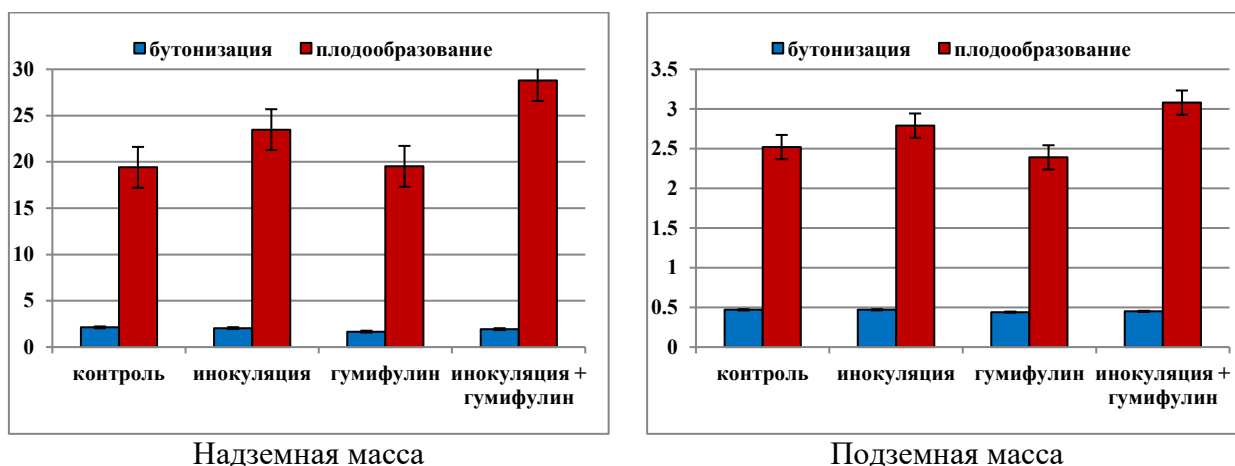


Рис. 3. Динамика продукционного процесса растений сорта сои Лидер 10, г/растение, среднее за 2021-2023 гг.

В фазу плодообразования, также как и в фазу бутонизации, наибольшая степень воздействия отмечена у сорта Слава в варианте с гумифулином. Надземная масса превысила контроль на 49,0% и составила 22,4 г/растение, подземная увеличилась на 33,3% до 2,2 г/растение. У сорта Лидер 10 максимальный эффект установлен при совместном применении инокуляции и гумифулина. Надземная масса превышала контроль на 48,0%, подземная – на 22,0% и составила 28,8 г/растение и 3,1 г/растение соответственно. В варианте с инокуляцией у этих сортов превышение над контролем наблюдалось на уровне 15,5-21,0% по надземной массе и 10,0-11,0% по подземной. У Орлей в первых двух вариантах реакция отсутствовала, а при совместном применении инокуляции и гумифулина надземная масса возрастала на 10,0%, подземная – на 18,5%, что в количественном выражении составило 19,0 г/растение и 2,3 г/растение.

У сорта Лидер 10 наиболее продолжительный период вегетации в исследуемой группе сортов. Фаза полной спелости у него наступает на 12-15 суток позднее, по сравнению со Славой и Орлеей. Этим, по-видимому, объясняется отсутствие положительного эффекта от применения регуляторов роста в ранние фазы развития. Наиболее активные ростовые процессы, интенсивное накопление сухого вещества и максимальная реакция на регуляторы роста у скороспелого сорта Орля происходят в вегетативную фазу, у среднеспелого сорта Лидер 10 – в генеративный период.

Структура сухой фитомассы сортов сои различных по скороспелости имела свои особенности. Так, в фазу бутонизации у наиболее позднеспелого сорта Лидер 10 доля листьев в сухом веществе 53,2%, что выше на 6,0-7,0% по сравнению с остальными сортами, а доля стеблей соответственно ниже (рис. 4) и составляет 28,2%. Доля корневой системы у всех сортов сои в этот период приблизительно на одном уровне 18,4-19,5%.

В фазу плодообразования у скороспелого сорта Орлея максимальная доля бобов в фитомассе 16,4%. У Славы и Орлеи этот показатель на уровне 4,4-5,8%. Доля листьев и стебля у Орлеи ниже, чем у остальных сортов на 3,6-7,6%. Доля корней и клубеньков в этот период снизилась по сравнению с предыдущей фазой в среднем на 9,0%.

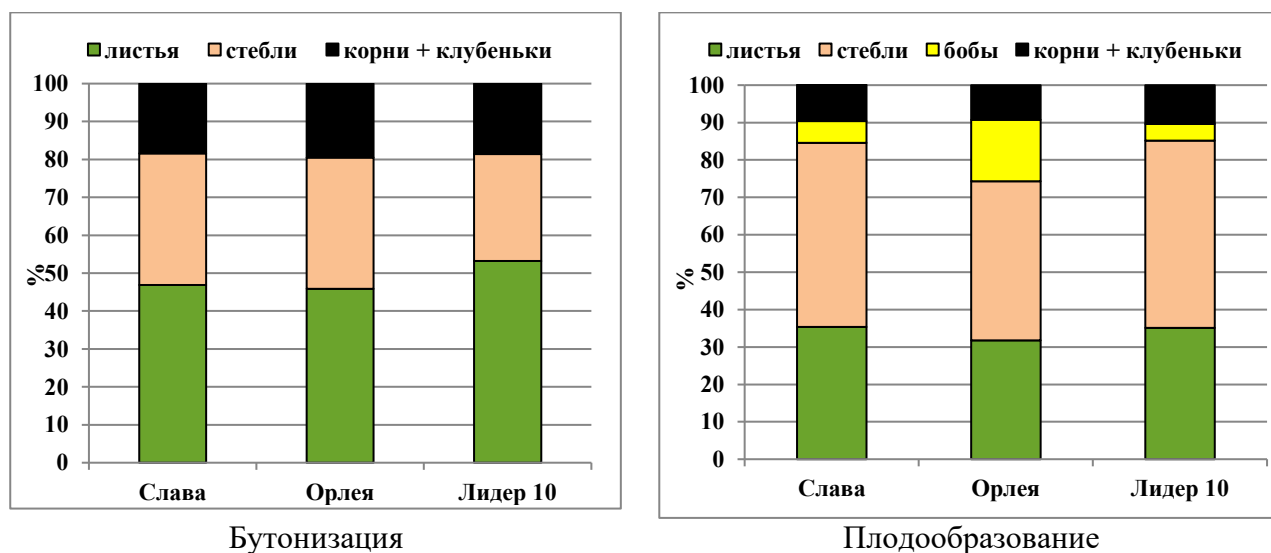


Рис. 4. Распределение сухого вещества по органам растений, %. Вариант с инокуляцией. 2021-2023 гг.

Следствием влияния погодных условий на рост растений являются различия в динамике и интенсивности продукционного процесса растений и изменение соотношения отдельных органов в общей массе растения (табл. 2). Достаточное количество влаги и тепла в период всходы - бутонизация в 2021 г. позволило сортам сои сформировать сухую массу, превышающую этот показатель в 2022-2023 гг. по массе листьев на 55,0-70,0%, по массе стебля на 57,0-83,0%, по массе корня на 50,0%. В среднем по сортам сухая масса листьев в 2021 г. в этот период составила 1,7 г/растение, стебля 1,1 г/растение, корня 0,6 г/растение. В фазу плодообразования максимальная масса стебля отмечена в наиболее влажном 2022 г. 11,4 г/растение. Масса корня в наиболее влажном 2022 г. и в засушливом 2023 г. находилась на одном уровне 2,3 г/растение. Наибольшая масса листьев наблюдалась в слабо обеспеченном влагой 2023 году 8,1 г/растение. Изменение количества накапливаемого сухого вещества отдельными органами растения является приспособительной реакцией: при ограничении водопотребления энергетические потоки в большей степени направлены на формирование ассимилирующей поверхности листьев и корневой системы, выполняющей синтетическую и поглотительную деятельность. Оптимальные погодные условия для развития симбиотической системы сложились в 2022 г. В фазу бутонизации в этом году сухая масса клубеньков в среднем по сортам составила 49,1 мг/растение, в фазу плодообразования – 225,1 мг/растение.

Распределение сухого вещества по органам растений в фазу бутонизации мало различалось по годам. В фазу плодообразования в засушливом 2023 г. доля листьев выше, чем во влажном 2022 г. на 5,5%, доля корней – на 1,0%, доля стеблей напротив ниже на 3,2%.

Максимальная интенсивность продукционного процесса в фазу бутонизации отмечена в 2021 г. в среднем по сортам 81,8 мг/сут./растение надземной массы и 17,9 мг/сут./растение подземной массы. В фазу плодообразования этот показатель выше в засушливом 2023 г. и

составляет 816,9 мг/сут./растение и 94,7 мг/сут./растение, что выше, чем в 2021-2022 гг. на 23,0-67,0% по надземной массе и на 36,0-174,0% по подземной массе.

Таблица 2

Динамика и интенсивность продукционного процесса растений сои

Показатели структура фитомассы	2021 г.	2022 г.	2023 г.
	Сухая масса сои, г/растение, бутонизация.		
Листья	1,7	1,0	1,1
Стебли	1,1	0,6	0,7
Корни	0,6	0,4	0,4
Клубеньки, мг/раст.	15,2	49,1	19,8
Сухая масса сои, г/растение, плодообразование.			
Листья	6,0	7,6	8,1
Стебли	9,6	11,4	9,6
Бобы	0,7	3,2	2,2
Корни	1,5	2,3	2,3
Клубеньки, мг/раст.	65,1	225,1	176,5
Распределение сухого вещества, бутонизация, %			
Листья	49,7	48,8	49,6
Стебли	32,3	29,3	31,5
Корни	17,5	19,5	18,0
Клубеньки	0,5	2,4	0,9
Распределение сухого вещества, плодообразование, %			
Листья	33,6	30,7	36,2
Стебли	53,7	46,1	42,9
Бобы	3,9	12,9	9,8
Корни	8,4	9,3	10,3
Клубеньки	0,4	1,0	0,8
Интенсивность продукционного процесса, мг/сут./растение, всходы - бутонизация			
Надземная сух. масса	81,8	64,1	58,2
Подземная сух. масса	17,9	15,7	12,6
Интенсивность продукционного процесса, мг/сут./растение, бутонизация – плодообразование.			
Надземная сух. масса	489,2	665,8	816,9
Подземная сух. масса	34,6	69,7	94,7

Между надземной массой в фазу плодообразования, интенсивностью продукционного процесса как в фазу бутонизации, так и в фазу плодообразования и массой зерна установлена положительная взаимосвязь на среднем уровне $r=0,450-0,645$.

Заключение

Регуляторы роста оказывали положительное воздействие на растения сортов сои в течение вегетации, максимальный эффект отмечен в период генеративного развития. Реакция сортов сои на применяемые препараты различна. Наибольшее увеличение изученных показателей наблюдалось у сорта Слава в варианте с гумифулином в течение вегетации, у сорта Лидер 10 – при совместном применении инокуляции и гумифулина в фазу плодообразования, у сорта Орлея – в фазу бутонизации при обработке гумифулином, в фазу плодообразования – при одновременном использовании инокуляции и гумифулина. У сорта Лидер 10 максимальные из изученных сортов сухая надземная масса 28,8 г/раст., подземная масса 3,1 г/раст., интенсивность продукционного процесса надземной массы 1014,2 мг/сут./раст. и подземной массы 100,4 мг/сут./раст.

Наиболее активные ростовые процессы, интенсивное накопление сухого вещества и максимальная реакция на регуляторы роста у скороспелого сорта Орлея наблюдались в вегетативную фазу, у среднеспелого сорта Лидер 10 – в генеративный период.

Изменение интенсивности продукционного процесса и как следствие количества накапливаемого сухого вещества отдельными органами и их доли в общей массе растения является приспособительной реакцией: при ограничении водопотребления энергетические потоки в большей степени направлены на формирование ассимилирующей поверхности листьев и корневой системы, выполняющей синтетическую и поглотительную деятельность.

Между интенсивностью продукционного процесса и массой зерна установлена положительная взаимосвязь как в фазу бутонизации, так и в фазу плодообразования на среднем уровне $r=0,450-0,645$.

Таким образом, динамика и интенсивность продукционного процесса зависят от генетических особенностей сорта и абиотических факторов, оказывающих влияние на развитие растений в течение вегетационного периода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по Гранту 075-15-2021-546.

Литература

1. Лаханов А.П., Коломейченко В.В., Фесенко Н.В. и др. Морфофизиология и продукционный процесс гречихи. // Орел. – 2004. – 433 с.
2. Yermakov I.P. Plant Physiology/ by I.P. Yermakov. – М.: Academy. – 2005. – 637 p.
3. Карпова Г.А. Динамика ростовых процессов сельскохозяйственных культур при использовании регуляторов роста. // Нива Поволжья. – 2017. – № 4 (45). – С. 88-93.
4. Головина Е.В., Леухина О.В. Экзогенная регуляция симбиотической деятельности новых сортов сои в условиях ЦЧР. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 2 (50). – С. 30-39. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-2-30-39
5. Проворов Н.А., Тихонович И.А. Сельскохозяйственная микробиология и симбиогенетика: синтез классических идей и конструирование высокопродуктивных агроценозов (обзор). // *Сельскохозяйственная биология*. – 2022. – Т. 57. – № 5. – С. 821-831.
6. Masson-Boivin C., Sachs J.L. Symbiotic nitrogen fixation by rhizobia-the roots of a success story. // *Curr. Opin. Plant Biol.*, – 2018. – V. 44:- P. 7-15. doi: 10.1016/j.pbi.2017.12.001.

References

1. Lakhanov A.P., Kolomeichenko V.V., Fesenko N.V. et al. Morphophysiology and production process of buckwheat. Orel, 2004, 433 p. (In Russ.)
2. Yermakov I.P. Plant Physiology, Moscow, Academy, 2005, 637 p.
3. Karpova G. A. Dynamics of crop growth processes when using growth regulators. *Niva Povolzh'ya*, 2017, no. 4 (45), pp. 88-93. (In Russ.)
4. Golovina E.V., Leukhina O.V. Exogenous regulation of symbiotic activity of new soybean varieties in the conditions of the Central Chernozem Region. *Zernobobovyye i krupyanye kul'tury*. 2024, no. 2 (50), pp. 30-39. (In Russ.) DOI: 10.24412/2309-348X-2024-2-30-39
5. Provorov N.A., Tikhonovich I.A. Agricultural microbiology and symbiogenetics: synthesis of classical ideas and construction of highly productive agroecosystems (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2022, V. 57, no. 5, pp. 821-831. (In Russ.)
6. Masson-Boivin C., Sachs J.L. Symbiotic nitrogen fixation by rhizobia-the roots of a success story // *Curr. Opin. Plant Biol.*, 2018, V. 44: P. 7-15 (doi: 10.1016/j.pbi.2017.12.001).

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ

В.А. РАСУЛОВА, научный сотрудник

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Соя как высокобелковая и масличная культура является важным источником продовольственных и кормовых ресурсов, а ее производство отрасль с высоким конкурентоспособным и рентабельным эффектом. Поэтому разработка сортовой технологии возделывания сои, направленной на получение высоких показателей урожайности и повышения качества зерна путем оптимизации питания растений, является актуальной задачей. В статье представлены результаты трехлетних исследований (2020-2022 гг.) по изучению влияния комплексного минерального удобрения NPK в нормах 30, 60 и 90 кг/га, а так же foliarной подкормки комплексным микроудобрением «Sunny Mix бобовые вегетация» на урожайность и качество семян сои различных сортов и линий. В результате исследований установлена различная сортовая отзывчивость на применяемые элементы технологии возделывания. Так, у сорта Осмонь максимальную продуктивность обеспечил фон минерального питания $N_{90}P_{90}K_{90}$ в сочетании с листовой подкормкой – урожайность составила 31,8 ц/га, содержание белка – 40,7%. Применение нормы минеральных удобрений 60 кг д.в. на гектар в сочетании с листовой подкормкой на сортах Ланцетная и Зуша обеспечивает рост урожайности до 27,8 и 30,0 ц/га в сравнении с наименьшей нормой (30 кг. д.в. на гектар) и одновременно повышает содержание белка в семенах до 41,9% и 42,6%, соответственно. В то же время наибольшая семенная и белковая продуктивность линии Л-85 получена на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$ без применения foliarной обработки. Урожайность составила - 29,4 ц/га, содержание белка – 42,3%.

Ключевые слова: соя, сорта, агротехнология, минеральные удобрения, листовая подкормка, урожайность, белок, масличность.

Для цитирования: Расулова В.А. Влияние элементов технологии возделывания на продуктивность сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):32-39. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-32-39

INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGY ELEMENTS ON SOYBEAN PRODUCTIVITY

V.A. Rasulova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract: Soybean as a high-protein and oilseed crop is an important source of food and feed resources, and its production is a highly competitive and profitable industry. Therefore, the development of varietal technology of soybean cultivation, aimed at obtaining high yields and improving grain quality by optimizing plant nutrition, is an urgent task. The article presents the results of three-year research (2020-2022) to study the effect of complex mineral fertilizer NPK in rates of 30, 60 and 90 kg/ha, as well as foliar feeding with complex microfertilizer “Sunny Mix legume vegetation” on yield and quality of soybean seeds of different varieties and lines. As a result of the research, different varietal responsiveness to the applied elements of cultivation technology was established. Thus, in the variety Osmon maximum productivity provided background mineral nutrition $N_{90}P_{90}K_{90}$ in combination with foliar feeding - yield was 31.8 kg/ha, protein content -

40.7%. Application of mineral fertilizer rate of 60 kg. of active substance per hectare in combination with leaf fertilization on varieties Lancetnaya and Zusha provides an increase in yield up to 27.8 and 30.0 kg/ha compared to the lowest rate (30 kg. of active ingredient per hectare), and simultaneously increases the protein content of seeds up to 41.9% and 42.6%, respectively. At the same time, the highest seed and protein productivity of line L-85 was obtained on the background of $N_{90}P_{90}K_{90}$ without foliar treatment. Yield was - 29.4 c/ha, protein content - 42.3%.

Keywords: soybean, varieties, agrotechnology, mineral fertilizers, foliar feeding, yield, protein, oil content.

Введение

На сегодняшний день в России и мире в целом, в связи со сложившейся экономической ситуацией, остро стал вопрос о возделывании более доходных культур [1]. Соя как высокобелковая и масличная культура является важным источником продовольственных и кормовых ресурсов, а ее производство стало отраслью с высоким конкурентоспособным и рентабельным эффектом [2].

Увеличение производства продукции зернобобовых культур и в частности сои, для получения пищевого, кормового и технического сырья с высокими качественными показателями – одна из важных задач интенсивных технологий растениеводства [3]. Современные сорта сои северного экотипа, выведенные отечественными селекционерами для условий не специфичных для соеосеяния, способны обеспечить урожай более 3 т/га [4]. Однако следует учитывать отрицательную корреляцию между урожайностью и белком, чтобы при увеличении урожайности не потерять его качество. Решение данной проблемы ведется в двух основных направлениях селекционно-генетическом и технологическом. При этом считают, что климатические условия и технологии выращивания оказывают более существенное влияние на варьирование содержания протеина в семенах, чем генетические особенности сорта [5]. В связи с этим разработка элементов технологии возделывания различных сортов сои нового поколения, направленных на получение высоких показателей урожайности и качества зерна путем оптимизации питания растений, является актуальной задачей. Эффективность комплексных минеральных удобрений на сое доказана российскими и зарубежными учеными, а норма внесения зависит от обеспеченности данными элементами питания почвы, их доступности, а так же сортовой отзывчивостью конкретного изучаемого сорта [6, 7, 8].

Листовые подкормки на сегодняшний день являются актуальным и эффективным способом удовлетворения потребности растения в микро- и макроэлементах, таких как бор, цинк, молибден, сера и др., а так же экстренной и незаменимой помощью агрономам в летние засухи, когда процесс корневого питания резко снижается и усвоение необходимых элементов затрудняется [2, 9, 10]. С актуализацией данного способа внесения удобрения, на рынке появилось большое разнообразие препаратов для листовых подкормок, которые кроме питательных веществ в своем составе имеют органические кислоты, аминокислоты и стимуляторы роста, что делает их применение более эффективным и многозадачным [11].

Цель исследований – изучение влияния совместного применения различных доз удобрений и фолиарных подкормок на урожайность и качество семян сои отечественных сортов северного экотипа.

Методика исследования

Опыты были заложены в 2020-2022 гг. на опытном поле ФНЦ ЗБК в Орловской области. Почва опытного участка тёмно-серая лесная, среднесуглинистая, микрорельеф выровненный. Содержание гумуса – 4,62-4,92%, обеспеченность легкогидролизуемым азотом низкая – 4,49 мг на 100 гр почвы, подвижного фосфора – 12,4-22,6 мг, обменного калия – 10,4-11,6 мг. рН солевой вытяжки – 4,1-5,0. Агротехнические мероприятия включали в себя зяблевую вспашку на глубину 23-25 см. Весной было проведено боронование средними боронами в два следа, культивация почвы на глубину 6-8 см с последующим прикатыванием кольчато-шпоровыми катками. Минеральные удобрения (Азофоска 16:16:16) вносили в два этапа: 1. перед первой культивацией в дозировке 1,5 ц/га общим фоном; 2. в предпосевную культивацию на опытных участках внесена оставшаяся часть удобрений до

исследуемых норм: 30 кг/га д.в. (контроль); 60 кг/га д.в.; 90 кг/га д.в, с целью минимизации ошибки в опыте, участки были разделены защитными посевами. Посев осуществлялся сеялкой СКС-6-10 с междурядьем 45 см. Размещение делянок рендомизированное, учетная площадь делянок 10 м². Перед посевом семена заблаговременно обрабатывали фунгицидным протравителем на основе флудиоксонила, имазалола и металаксина (40 г/л; 40 г/л; 30 г/л) в дозировке 1,1 л/т, в день посева была осуществлена инокуляция семян препаратом на основе гамма-стерилизованного торфа, содержащего бактерии *Bradyrhizobium japonicum* и *Bradyrhizobium elkanii* (контроль). Листовая обработка посевов проводилась в фазу 4-5 листьев (начало бутонизации) комплексным микроудобрением «SunnyMix бобовые вегетация», в состав препарата входит комплекс макро- и микро- элементов в хелатной форме (г/л): N(55,1), P₂O₅(20,2), K₂O(13,7), B(3,4), Zn(1,7), Mo(0,2), Co(0,02), MgO(2,5), Mn(5,8), Fe(2,0), Cu(3,8), а так же органические кислоты – 25 г/л, аминокислоты – 25 г/л, стимуляторы роста растений – 10 г/л, прилипатель, сурфактанты, гумектанты. Уборка осуществлялась поделаячно, прямым комбайнированием, комбайном Сампо-130, при влажности семян 12-14%. Объекты исследований - сорта селекции ФНЦ ЗБК: Ланцетная (контроль), Зуша, Осмонь и селекционная линия Л-85. Схема опыта включает в себя:

Фактор А — сорта Ланцетная, Зуша, Осмонь, Л-85;

Фактор В — фон минерального питания

В1 – N₃₀P₃₀K₃₀

В2 – N₆₀P₆₀K₆₀

В3 – N₉₀P₉₀K₉₀

Фактор С — обработки

С1 – фунгицид + инокуляция

С2 – фунгицид + инокуляция + внекорневая подкормка

Закладка полевых опытов, статистическая обработка экспериментальных данных проводились по методике Б. А. Доспехова (1985). Фенологические наблюдения, отбор снопов для определения структуры урожая, учет урожая – согласно методике проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами [12]. Определение содержания белка и жира в семенах сои проводилось на приборе Infratec 1241 (Foss, Denmark).

Погодные условия 2021 года сложились наиболее благоприятно для роста и развития культуры, чем в 2020 и 2022 гг. Период вегетации 2021 г. характеризовался оптимальным сочетанием метеорологических условий (сумма активных температур 2799,1°С; сумма осадков – 588,3 мм) для формирования более высокого урожая культуры. Избыточное увлажнение в первой половине вегетационного периода 2020 года (среднемесячная сумма осадков в мае и июне составила 74,6 и 74,2 мм соответственно; июль – 120,9 мм), сменившиеся сильной засушливостью во второй его половине (август – 16,9 мм; сентябрь– 36,0) отрицательно сказалось на урожайности сои. Пониженная температура воздуха относительно средней многолетней (9,9°С) в сочетании с избыточным количеством осадков (111,0 мм) в сентябре 2022 года способствовали распространению болезней на растениях, что так же оказало негативное влияние на урожай (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические условия вегетационных периодов 2020-2022 гг.

Месяц	Среднемесячная температура воздуха, °С			Средне-голетняя t воздуха, °С	Среднемесячная сумма осадков, мм		
	2020	2021	2022		2020	2021	2022
Май	11,2	13,9	11,5	14,2	74,6	72,1	51,1
Июнь	20,0	19,8	19,1	17,9	74,2	40,7	52,5
Июль	19,2	22,3	19,1	19,8	120,9	51,1	63,5
Август	17,7	20,5	21,8	18,5	16,9	49,8	32,2
Сентябрь	15,3	12,7	9,9	12,7	36,0	129,5	111,0
Сумма активных температур воздуха >10 ⁰ С					Сумма осадков, мм		
За вегетацию	2463,8	2799,1	2381,3	2336	533,2	588,3	515,1

Результаты исследований

В опытах установлено, что урожайность сои при применении различных доз удобрений и листовой подкормки, варьирует по годам исследований. Наибольшая продуктивность всех изучаемых сортов и селекционной линии за годы исследований была получена в 2021 году, урожайность превышала 3 т/га. Тогда как в 2020 г и 2022 г. была ниже на 10-30% в зависимости от сорта.

В среднем же за три года исследований наибольшая продуктивность сортов Ланцетная и Зуша получена при применении минеральных удобрений вносимых в норме 60 кг/га в сочетании с листовой подкормкой растений сои комплексным микроудобрением, и составила 27,3 и 30,0 ц/га соответственно. Прибавка в сравнении с минимальной нормой вносимых удобрений (N₃₀P₃₀K₃₀) - 0,9 и 1,6 ц/га (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность сои в зависимости от изучаемого элемента технологии возделывания, ц/га

Сорт/линия (А) /линия(А)	Вариант (С)	Фон минерального питания (В)												
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ (В1)				Средне е	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (В2)			Средне е	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ (В3)			Средне е
		2020	2021	2022	Средне е		2020	2021	2022		Средне е	2020	2021	
Ланцетная	С ₁	23,9	31,8	25,7	26,9	23,9	31,8	26,0	27,2	23,7	31,7	27,0	27,4	
	С ₂	23,5	32,5	25,8	27,4	23,1	33,4	27,0	27,8	22,5	32,9	26,5	27,3	
Зуша	С ₁	26,9	31,5	26,8	28,4	27,8	33,9	26,6	29,4	25,9	32,4	26,0	28,1	
	С ₂	27,6	31,7	27,3	28,8	28,7	33,9	27,5	30,0	26,5	32,4	27,4	28,7	
Осмось	С ₁	28,3	35,0	26,0	29,8	29,7	35,1	26,0	30,3	29,5	36,1	28,0	31,2	
	С ₂	31,1	34,7	27,6	31,1	31,9	34,5	28,0	31,5	32,5	34,8	28,0	31,8	
Л-85	С ₁	24,8	33,6	25,3	27,9	24,0	38,7	24,0	28,9	24,1	38,1	26,0	29,4	
	С ₂	23,0	34,6	24,0	27,2	24,0	39,0	23,0	28,7	23,6	39,1	25,0	29,2	
НСР _{0,5} 2020		А - 0,77; В - 0,68; С - 0,54; ABC - 1,88												
НСР _{0,5} 2021		А - 0,12; В - 0,11; С - 0,09; ABC - 0,29												
НСР _{0,5} 2022		А - 0,11; В - 0,09; С - 0,08; ABC - 0,27												

Максимальная урожайность – 31,8 ц/га у сорта Осмось получена на фоне азотно-фосфорно-калийных удобрений в дозе 90 кг/га в сочетании с фолиарной подкормкой микроудобрением, прибавка к контролю составила 2 ц/га. Селекционная линия Л-85 большую продуктивность в среднем за три года исследований сформировала на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ без применения микроудобрения по вегетации, урожайность составила – 29,4 ц/га, а прибавка в сравнении с фоном питания N₃₀P₃₀K₃₀ составила 1,3 ц/га.

Увеличение нормы минеральных удобрений, вносимых под посев сои в сочетании с инокуляцией, оказывало различное влияние на содержание белка и масла в семенах в зависимости от конкретного сорта. Так, в сортах Ланцетная и Осмось наибольшее содержание белка в семенах установлено на фоне N₃₀P₃₀K₃₀ – 41,8% и 41,4%, соответственно (табл. 3).

Таблица 3

Влияние элементов технологии возделывания на содержание белка и жира в семенах сои различных сортов (%), среднее за 2020-2022 гг.

Сорт (А)	Качественный показатель	Вариант (С)	Фон минерального питания (В)		
			N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ (B1)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (B2)	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ (B3)
Ланцетная	Белок, %	C1	41,8	41,7	41,7
		C2	41,8	41,9	41,7
	Жир, %	C1	20,7	20,8	20,7
		C2	20,7	20,6	20,6
Зуша	Белок, %	C1	42,3	42,3	42,5
		C2	42,4	42,6	42,6
	Жир, %	C1	20,4	20,3	20,3
		C2	20,4	20,3	20,4
Осмось	Белок, %	C1	41,4	40,9	40,7
		C2	41,4	41,1	40,7
	Жир, %	C1	20,4	20,7	20,6
		C2	20,4	20,5	20,9
Л-85	Белок, %	C1	42,0	42,2	42,3
		C2	41,9	41,7	41,6
	Жир, %	C1	18,5	18,8	18,3
		C2	18,6	18,5	18,8

Для сорта Зуша и сортообразца Л-85 увеличение минерального питания привело к увеличению содержания белка в семенах и достигает наибольшего показателя на фоне N₉₀ P₉₀ K₉₀ – 42,5% (+0,2% к контролю) и 42,3% (+0,3% к контролю) соответственно. Содержание жира при этом снизилось на 0,1% (Зуша) и 0,2% (линия Л-85). Обработка посевов сои всех сортов и линии комплексным микроудобрением привело к увеличению содержания белка в семенах в среднем на 0,3%, при этом содержание жира не снизилось.

Анализ корреляционной зависимости между урожайностью и белком показал, что применение листовой подкормки на сортах Ланцетная и Зуша ведет не только к росту урожайности, но и к повышению содержания белка в семенах, уровень корреляции данных показателей у сорта Ланцетная – 0,94 (сильная положительная связь), Зуша – 0,44 (умеренная положительная связь). Тогда как рост урожайности за счет внесения минеральных удобрений сопровождается снижением доли белка в семенах (Ланцетная: – 0,92 (сильная отрицательная связь); Зуша – 0,68 (умеренно отрицательная связь) (табл. 4).

Таблица 4

Корреляция между урожайностью и белком в зависимости от изучаемых элементов технологии возделывания

Сорт/линия (А)	Корреляция урожайность*белок в зависимости от фона минерального питания (В)	Корреляция урожайность*белок в зависимости от листовой подкормки (С)
Ланцетная	-0,92	0,94
Зуша	-0,68	0,44
Осмось	-0,92	-0,99
Л-85	1,00	-0,99

Рост урожайности сорта Осмось сопровождается снижением содержания белка как при внесении минеральных удобрений, так и при листовой подкормке, установлена сильная отрицательная взаимосвязь. Повышение дозы минерального удобрения для сортообразца Л-85 ведет к росту урожайности и белка, коэффициент корреляции составил 1,00 (сильная

положительная связь), тогда как на варианте с применением листовой подкормки установлена отрицательная взаимосвязь данных показателей. Можно сделать вывод, что при соблюдении определенных норм внесения минерального питания и сочетания их с листовой обработкой, учитывая отзывчивость сорта, возможно преодолеть отрицательную корреляцию между ростом урожайности и содержанием белка в семенах.

Показатель валового сбора белка с одного гектара площади позволяет в полной мере оценить влияние применяемых элементов технологии возделывания на качественную продуктивность сортов. Наибольший сбор белка получен на варианте с внесением минерального удобрения в норме 60 кг/га в сочетании с фолиарной подкормкой микроудобрением и составил у сортов: Ланцетная – 11,6 ц/га, прибавка к контролю составила 40 кг/га; Зуша – 12,8 ц/га, прибавка 6,7% (80 кг/га); Осмонь – 12,9 ц/га, на 60 кг/га больше в сравнении и с контролем (N₃₀P₃₀K₃₀), а так же у данного сорта аналогичный показатель установлен на фоне минерального питания N₉₀P₉₀K₉₀ в сочетании с листовой обработкой (рисунок).



Рис. 1. Сбор белка с гектара в зависимости от элемента технологии возделывания (ц/га), среднее за 2020-2022 гг.

У селекционной линии Л-85 при внесении азотно-фосфорно-калийных удобрений в норме 90 кг/га д.в. на га без применения внекорневой подкормки сбор белка составил 12,4 ц/га, прибавка к контролю составила 70 кг/га или 5,6%.

Заключение

Исследуемые сортообразцы сои проявили различную отзывчивость на применяемые элементы технологии возделывания. При соблюдении определенных норм внесения минерального питания и сочетания их с листовой обработкой, учитывая отзывчивость сорта, возможно преодолеть отрицательную корреляцию между ростом урожайности и содержанием белка в семенах.

Применение удобрения Азофоска (16:16:16) в дозе 60 кг. д.в. на га в сочетании с листовой подкормкой комплексным микроудобрением позволяет повысить продуктивность сортов сои Ланцетная и Зуша, а так же увеличить процентное содержание белка в семенах.

В целях повышения урожайности сои сорта Осмонь следует вносить комплексное минеральное удобрение 90 кг д.в. на га совместно с листовой обработкой, а для получения семян с высоким содержанием белка целесообразно использовать НPK в нормах 30 и 60 кг д.в. на га в комплексе с внекорневой подкормкой.

Для получения наибольшего урожая с высоким содержанием белка в семенах сои сортообразца Л-85 следует вносить минеральное питание в норме 90 кг. д.в. на га.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по Гранту 075-15-2021-546.

Литература

1. Ибрагимова В.И. Экономическая эффективность выращивания сои в современных условиях. // Молодой ученый. – 2017. – № 1 (135). – С. 176-178.
2. Зубарева К.Ю., Бобков С.В., Хрыкина Т.А. Влияние органоминеральных микроудобрений на накопление белка в органах растений и качество зерна сои. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022.- №1(41). – С.13-20. DOI: 10.24412/2309-348X- 2022-1-13-20
3. Новиков В.М. Продуктивность гороха и сои в зависимости от основной обработки и минеральных удобрений. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. – № 2 (6). – С. 106-112.
4. Полухин А.А., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Панарина В.И., Бобков С. В., Бударина Г.А., Грядунова Н.В., Задорин А.М., Зайцева А.И., Мирошникова М.П., Суворова Г.Н., Фесенко А.Н., Хмызова Н.Г., Цуканова З.Р. // Селекционные достижения Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Каталог сортов. – Орел: ООО ПФ «Картуш», – 2022. – 204 с.
5. Новикова Н.Е. Физиологическое обоснование листовой подкормки для оптимизации питания зерновых бобовых культур в онтогенезе растений (обзор). // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 1 (25). – С. 60-67. – EDN YUVVAM.
6. Ширяева Н.А., Береговая Ю.В., Петрова С. Н. Эффективность применения комплексных минеральных удобрений в агроценозе сои. // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 5(86). – С. 66-72. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2020.5.66. – EDN NBCXSK.
7. Расулова В. А., Мельник А. Ф. Оценка эффективности совместного применения листовой подкормки и различных доз минерального питания на сое в условиях ЦЧР. // Экоурбанистика: умные и зеленые города: Сборник научных статей и экокейсов по материалам Международного конкурса экопроектов. Орёл, 20-21 декабря 2022 года. – Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина. –2023. – С. 357-364. – EDN LEZMRE.
8. Акулов А.С., Васильчиков А.Г. Адаптивная технология возделывания сои. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 4 (12). – С. 108-113. – EDN TCEFRH.
9. Акулов А.С., Васильчиков А.Г. Разработка элементов технологии возделывания новых сортов сои на основе использования внекорневых подкормок органоминеральными микроудобрениями и ЖКУ. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 4(44). – С. 58-63. – DOI 10.24412/2309-348X-2022-4-58-63. – EDN VJWCVC.
10. Бельшикина М.Е., Шевченко В.А. Влияние применения некорневых подкормок на симбиотическую деятельность и продуктивность сои северного экотипа. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 13. - № 4(67). – С. 206-211. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2020.4.206. – EDN EIWCAA.
11. Расулова В.А., Мельник А.Ф. Влияние комплексного микроудобрения на урожайность разных сортов сои. // Роль молодых учёных в решении актуальных проблем сельского хозяйства: тенденции, инновации и перспективы: международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов, Орёл, 26 ноября 2020 года. – Орел: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур Российской академии сельскохозяйственных наук, – 2020. – С. 137-139. – EDN JDWBAI.
12. Лукомец В.М. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами - Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта (Краснодар), 2010- 2-е издание. – 327 с.

References

1. Ibragimova V.I. Economic efficiency of soybean cultivation in modern conditions. *Molodoi uchenyi*, 2017, no. 1 (135), pp. 176-178. (In Russian)
2. Zubareva K.Yu., Bobkov S.V., Khrykina T.A. Effect of organomineral microfertilizers on protein accumulation in plant organs and soybean grain quality. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no.1(41), pp.13-20. DOI: 10.24412/2309-348X- 2022-1-13-20 (In Russian)
3. Novikov V.M. Productivity of pea and soybean depending on main tillage and mineral fertilizers. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, - 2013, no. 2 (6), pp. 106-112. (In Russian)
4. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Panarina V.I., Bobkov S.V., Budarina G.A., Gryadunova N.V. et al. Breeding achievements of the Federal Scientific Center for Legumes and Groat Crops. Variety catalog. Orel, OOO PF «Kartush» Publ., 2022, 204 p. (In Russian)
5. Novikova N. E. Physiological rationale for foliar feeding to optimize grain legume nutrition during plant ontogeny (review). *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, no. 1(25), pp. 60-67, EDN YUVVAM. (In Russian)
6. Shiryayeva N.A., Beregovaya Yu.V., Petrova S.N. Efficiency of application of complex mineral fertilizers in soybean agrocenosis. *Vestnik agrarnoi nauki*, 2020, no. 5(86), pp. 66-72, DOI 10.17238/issn2587-666X.2020.5.66, EDN NBCXSK. (In Russian)
7. Rasulova V.A., Mel'nik A.F. Evaluation of the effectiveness of joint application of leaf fertilization and different doses of mineral nutrition on soybean under the conditions of the Central Black Earth Region. *Ecourbanistics: smart and green cities : Collection of scien. articles and eco-cases based on the materials of the Intern. competition of eco-projects*. Orel, 20-21 Dec. 2022, N.V. Parakhin OGAU.2023, pp. 357-364, EDN LEZMRE.
8. Akulov A.S., Vasil'chikov A.G. Adaptive technology of soybean cultivation. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2014, no. 4(12), pp. 108-113, EDN TCEFRH.
9. Akulov A. S., Vasil'chikov A. G. Development of elements of the technology of cultivation of new soybean varieties based on the use of foliar top dressing with organomineral microfertilizers and liquid complex fertilizers (LCF). *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no. 4(44), pp. 58-63, DOI 10.24412/2309-348X-2022-4-58-63, EDN VJWCVC.
10. Belyshkina, M.E., Shevchenko V.A. Effect of foliar fertilizer feeding on symbiotic activity and productivity of soybean of northern ecotype. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, vol. 13, no. 4(67), pp. 206-211, DOI 10.17238/issn2071-2243.2020.4.206. EDN EIWCAA.
11. Rasulova V. A., Mel'nik A. F. Influence of complex microfertilizer on the yield of different soybean varieties. *Role of young scientists in solving urgent problems of agriculture: trends, innovations and prospects : Intern. scientific-practical conf. of young scientists and specialists*, Orel, November 26, 2020, Orel: GNU VNII of legumes and groat crops of Russian Academy of Agricultural Sciences, 2020, pp. 137-139, EDN JDWBAI.
12. Lukomets V.M. Methods of conducting field agronomic experiments with oilseed crops. V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oilseeds (Krasnodar), 2010, 2nd edition, 327 p.

НОВЫЙ СОРТ СОИ АЙ САУЛЕ

С.В. ДИДОРЕНКО, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-2223-0718,

E-mail: svetl_did@mail.ru

Р.Ж. КАСЕНОВ, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-1816-6434,

E-mail: rinat.kasenov.83@mail.ru

А.Н. АЛЬДЕКОВ, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0001-7119-4808,

E-mail: abay6700@mail.ru

А.М. ДАЛИБАЕВА, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-4262-3957,

E-mail: life_0903@mail.ru

Г.Т. КУНЫПИЯЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0001-8606-765X, E-mail: kunypiyeva_gulya@mail.ru

ТОО «КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РАСТЕНИЕВОДСТВА», с. АЛМАЛЫБАК, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

***Аннотация.** В данной статье показаны результаты испытаний нового среднепозднего и высокомасличного сорта сои Ай Сауле селекции ТОО «КазНИИЗуР», который с 2021 года был включен в Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в республике Казахстан по Алматинской области. Представлено его описание морфологических, биологических и хозяйственных признаков. Новый сорт Ай Сауле под селекционным номером ЗР 2016/3 создан методом индивидуального отбора из интродуцированной популяции сорта Luna (Италия). Средняя урожайность за годы конкурсного сортоиспытания (2016-2018 гг.) составила – 45,7 ц/га, что на 3,3 ц/га выше, чем у сорта стандарта Жансая. Вегетационный период нового сорта от 135 до 140 дней. Полудетерминантный тип роста стебля с высотой растения 100-110 см, высота прикрепления нижних бобов 12-15 см, число бобов на растении 41-150, число семян в бобе 2-3, масса 1000 семян 180-190 г. Содержание белка в зерне 38,7%, масла – 23,4%. Семена имеют желтую окраску с гладкой матовой поверхностью, цвет рубчика – желтый. Сорт Ай Сауле устойчив к полеганию и засухе, не растрескивается, зерно не осыпается.*

***Ключевые слова:** соя, сорт, селекция, масличность, урожайность.*

***Для цитирования:** Дидоренко С.В., Касенов Р.Ж., Альдеков А.Н., Далибаева А.М., Куньпияева Г.Т. Новый сорт сои Ай Сауле. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025; 1(53):40-48. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-40-48*

NEW SOYBEAN VARIETY AI SAULE

S.V. Didorenko, R.Zh. Kassenov, A.N. Aldekov, A.M. Dalibaeva, G.T. Kunypiyeva

LLP «KAZAKH RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE AND PLANT GROWING»,
Almalybak, Republic of Kazakhstan

***Abstract:** This article presents the results of testing a new medium-late and high oilseed soybean variety Ai Saule of LLP «KazRIAPG» breeding, which since 2021 has been included in the State Register of breeding achievements recommended for use in the Republic of Kazakhstan in Almaty region. The description of its morphological, biological and economic traits is presented. The new variety Ai Saule under selection number ЗР 2016/3 was created by individual selection from the introduced population of the variety Luna (Italy). The average yield for the years of competitive variety testing (2016-2018) was 45.7 c/ha, which is 3.3 c/ha higher than the standard*

Zhansaya variety. The growing season of the new variety is from 135 to 140 days. Semideterminant type of stem growth with a plant height of 100-110 cm, height of lower bean attachment is 12-15 cm, number of beans on the plant 41-150, number of seeds in the bean is 2-3, and weight of 1000 seeds is 180-190 g. The protein content of the grain is 38.7% and the oil content is 23.4%. The seeds are yellow with a smooth matte surface and the scar color is yellow. The Ai Saule variety is resistant to lodging and drought, does not crack, and grain does not fall off.

Keywords: soybean, variety, breeding, oiliness, yield.

Введение

Соя является одной из главных белково-масличных культур с широким спектром применения. Ее уникальный и богатый химический состав делает ее культурой многоцелевого использования - продовольственного, кормового и технического, а также обеспечивает ей значительный вес в национальных продовольственных программах разных стран [1, 2]. Также она является ценным растением с агрономической точки зрения, так как, являясь азотфиксатором, она обогащает почву азотом, улучшает ее структуру [3]. Ее семена содержат в среднем 37-42% белка, 19-22% масла и до 30% углеводов, а также большое количество витаминов и минеральных солей [4, 5]. Как источник масла, белка, биодизеля и т.д., соя является четвертой, широко выращиваемой культурой в мире [6]. Она предохраняет людей от различных заболеваний и повышает производство молока, мяса и шерсти у животных, а ее антиоксидантный эффект играет важную роль в благотворном влиянии на здоровье человека [7, 8].

В настоящее время соя одна из самых востребованных и возделываемых культур в мировом земледелии, ее выращивают более чем в 90 странах практически на всех континентах - от 60° ю.ш. до 60° с.ш., то есть на 2/3 географической части нашей планеты. [9, 10]. Лидирующими странами по производству этой культуры выступают Бразилия, США, Аргентина, Китай и Индия на долю которых приходится более 80% мирового производства сои [11, 12].

В Казахстане производство сои стремительно развивается. В целом основные площади посевов в республике сосредоточены в Алматинской – 83,6%, Костанайской – 7,7%, Восточно-Казахстанской - 5%, Северо-Казахстанской – 2,8% и другие области. [13]. Эта культура пользуется спросом и дает фермерам высокую рентабельность.

Одними из основных признаков, по которым ведется селекционная работа в стране это длина вегетационного периода, признаки фотопериодической чувствительности и нейтральности, засухоустойчивости, устойчивости к болезням и осыпанию, признакам продуктивности семян, низкому содержанию антипитательных веществ, а также создание сортов сои по признаку высокого содержания масла [14].

Цель исследований – провести комплексную оценку хозяйственно ценных признаков нового сорта сои Ай Сауле в условиях возделывания на юго-востоке Казахстана.

Условия, материалы и методы исследований

Почвенно-климатическая характеристика

Предгорная зона полевых стационаров ТОО «КазНИИЗиР» расположена на высоте 740 метров над уровнем моря, характеризующийся континентальными климатическими условиями: мягкая и прохладная зима, прохладная весна, жаркое и сухое лето, теплая и сухая осень. Средняя продолжительность безморозного периода 170-180 дней с колебаниями температур. Однако часто повторяющиеся поздневесенние и ранневесенние заморозки нередко сокращают безморозный период до 140-150 дней. Поздние весенние заморозки наблюдаются в конце апреля – начале мая, раннеосенние - в конце сентября - начале октября.

Одной из особенностей климата зоны является быстрое нарастание тепла весной, когда холодная весенняя погода сменяется резким скачком жаркого и сухого лета. Уже во второй половине апреля температура почвы на глубине посева прогревается на 10-12°C, что позволяет сеять теплолюбивые культуры. Задержки с весенне-полевыми работами приводят к резкому снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Летние тепловые ресурсы в зоне достаточно высоки. Средняя сумма положительных температур 3500–4000°C. Такой тепловой режим позволяет выращивать здесь многие теплолюбивые культуры.

Распределение атмосферных осадков в сухостепной зоне неравномерно. Таким образом, по данным метеостанции, среднее многолетнее количество осадков составляет 516,7 мм со следующим распределением по сезонам: зима – 94,1 мм; весной – 177,5 мм; летом – 158,8 мм и осень 94,1 мм. Летом основное количество осадков выпадает в июне и составляет 96,6 мм.

Метеорологические показатели в годы исследований имеют тенденцию повышения температурных показателей и снижение влагообеспеченности по сравнению со среднемноголетними показателями. Особенно засушливыми годами в фазы цветения и образования бобов характеризуются 2017 и 2022 годы, 2023 год отличился наступлением засухи уже с мая месяца, а в июне выпало всего 4,3 мм осадков (табл. 1). Летние засухи негативно сказываются на формировании генеративных органов.

Таблица 1

Метеорологические показатели в годы исследований

Месяц	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Среднемноголетнее
Фактические температуры, °C										
Апрель	13,5	11,2	12,4	12,4	14,2	12,4	16,7	11,8	12,8	12,5
Май	16,7	19,0	16,3	16,9	18,8	19,4	19,0	17,2	17,6	17,4
Июнь	23,0	22,3	22,3	22,3	22,0	23,1	24,3	24,6	24,5	22,1
Июль	23,7	27,0	25,2	26,9	24,4	26,9	26,5	27,1	25,0	24,3
Август	22,9	22,6	24,5	24,9	24,0	24,0	22,6	24,5	25,9	22,6
Сентябрь	21,2	23,3	17,3	18,5	18,7	20,5	21,1	17,7	15,1	18,5
Фактические осадки, мм										
Апрель	166,6	222,7	81,6	183	146,7	56,3	46,8	68,2	111,3	103,9
Май	216,2	115,9	124,9	39,3	73,5	81,6	145,4	43,4	121,2	99,1
Июнь	136,8	54,5	28,7	72,7	42,6	20,9	35,9	4,3	19,7	55,8
Июль	111,3	9,9	32,3	25,7	31,8	22,8	15,1	33,6	85,2	47,7
Август	0,4	0,4	43,5	67,7	43,7	27,2	8,2	72,9	25,1	31,9
Сентябрь	36,4	29,8	18,9	54,1	20,8	1,6	2,1	59,8	14,3	24,2
Гидротермический коэффициент										
Май	4,18	1,97	2,47	0,75	1,26	1,36	2,47	0,81	2,22	1,91
Июнь	1,98	0,81	0,43	1,09	0,65	0,3	0,49	0,06	0,27	0,86
Июль	1,51	0,12	0,41	0,31	0,42	0,27	0,18	0,4	1,1	0,69
Август	0,01	0,01	0,57	0,88	0,59	0,37	0,12	0,96	0,31	0,45
Сентябрь	0,57	0,43	0,36	0,97	0,37	0,03	0,03	1,13	0,26	0,43

Почвенный покров представлен светло-каштановыми суглинистыми почвами. Объектом исследования являлись сорт Жансая (стандарт) и новый сорт сои Ай Сауле.

Методы исследований

Проведение агротехнологических мероприятий осуществлены по общепринятым методикам и рекомендациям для зоны проведения исследований (Кудайбергенов М.С., Дидоренко С.В., 2014). Закладка опытов, уборка и учет урожая по методике полевого опыта Доспехова Б.А. (2012).

Посев в селекционном питомнике проводится вручную на площади 1 м², четырехрядковой делянкой по 20 семян на погонном метре. Посев контрольного, конкурсного, демонстрационного, питомников отбора проводится механизировано. Учетная деланка 25 м², расположение рендомизированное, глубина заделки семян 4 см. Норма высева

600 тыс. всхожих семян на гектар. Посев проводится в третьей декаде апреля. На стационаре организуется капельное орошение с 20 июня по 20 августа с интервалом 10 дней. Уборка и обмолот с селекционных питомников производится вручную. Старшие питомники убирают с помощью комбайна «Винтерштайгер-Классик» в фазу полной спелости. Структурный анализ проведён согласно Методическим указаниям ВИР (Вишнякова М.А., Буравцева Т.В., 2018).

Методы оценки качества. Содержание сырого протеина определяли по ГОСТ 13496.4-84. Определение жира осуществляли методом Рушковского, используя аппарат Сокслета по ГОСТ 13496.15-85.

Результаты и их обсуждение

Создание новых сортов и включение их в Государственный реестр селекционных достижений имеет большое значение в повышении урожайности всех сельскохозяйственных культур, в том числе и сои.

Новый сорт сои Ай Сауле был создан учеными Казахского научно-исследовательского института земледелия и растениеводства с целью повышения урожайности, улучшения качественных показателей, в том числе содержания жира. Сорт (селекционный номер ЗР 2016/3) создан методом индивидуального отбора из интродуцированной популяции сорта Luna (Италия). Индивидуальный отбор 500 растений был произведен из популяции, произраставшей в рядовом хозяйстве. Индивидуальный линейный посев произведен в 2010 году в селекционном питомнике. Из 500 линий после ряда ежегодных браковок в питомнике конкурсного сортоиспытания в 2016-2018 годах изучено только три линии от данного источника. По результатам конкурсного сортоиспытания линия ЗР 2016/3 была передана на государственное сортоиспытание как сорт под названием Ай Сауле. С 2021 года сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в республике Казахстан.

Сорт относится к группе среднепоздних (II группа спелости). Вегетационный период от 135 до 140 дней. Тип развития растения полудетерминантный, высота растения 100-110 см, высота прикрепления нижних бобов 12-15 см. Куст компактный, ветвистость средняя. Опущение главного стебля растения рыжевато-коричневое, листья тройчатые, зеленые, среднего размера. Форма листочков яйцевидно - заостренная, при созревании полностью опадают. Облиственность сильная. Цветки среднего размера собраны в соцветия по 5-7 штук, цветочная кисть укорочена, окраска венчика фиолетовая (рис. 1).

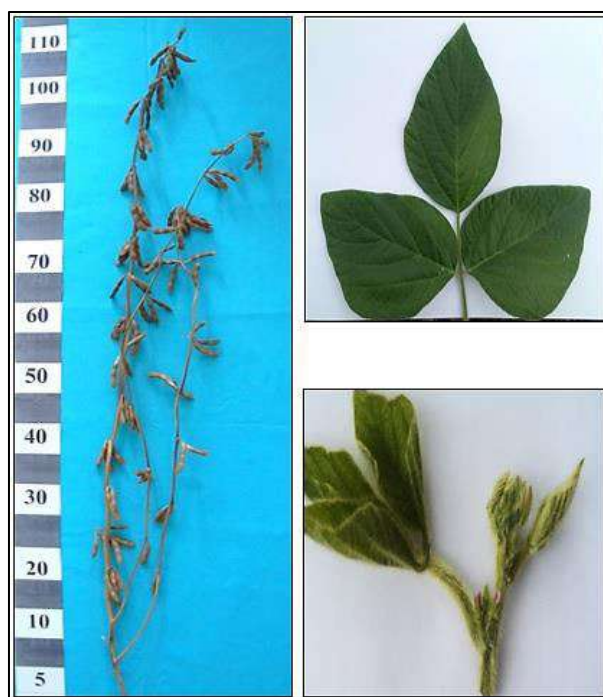


Рис. 1. Растение сорта сои Ай Сауле

Бобы темно-коричневого цвета, слабоизогнутые, с небольшим заострением, двух-трехсемянные. Семена растения имеют овальную форму с желтой окраской, поверхность гладкая, матовая. Рубчик семени средний, продолговатый, имеет желтый цвет. Масса 1000 семян составляет 180-190 г. (рис. 2).

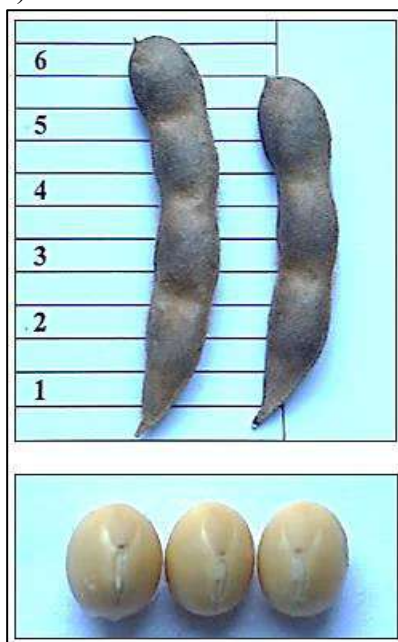


Рис. 2. Боб и семя сорта сои Ай Сауле

Средняя урожайность – 45,7 ц/га. Содержание белка в зерне – 38,7%, масла – 23,4%. Сорт устойчив к полеганию и засухе, бобы не растрескиваются, зерно не осыпается. Сорт Ай Сауле предназначен для возделывания по Алматинской области. Он успешно прошел государственное сортоиспытание в 2019-2021 годах на Талдыкорганском, Саркандском и Илийском сортоучастках.

Авторами сорта являются: **Дидоренко С.В., Кудайбергенов М.С., Агеенко А.В., Абугалиева А.И.**

За период 2022-2024 гг. результаты малого стационарного испытания по фенологии показали, что сорт сои Ай Сауле по сроку созревания относится к группе среднепоздних. Продолжительность фаз развития растений сорта составляет: от всходов до полного цветения – 37 дней (у стандарта Жансая – 29 дней соответственно), от цветения до полного созревания – 101 день (у стандарта Жансая – 96 дней соответственно). Вегетационный период у сорта Ай Сауле в среднем составил 138 дней, тогда как продолжительность периода вегетации у сорта стандарта Жансая 125 дней соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Продолжительность вегетационного периода и фенофаз у сорта сои Ай Сауле в сравнении со стандартом (среднее за 2022-2024 гг.)

Сорт	Всходы - полное цветение, дней	Цветение - полное созревание, дней	Вегетационный период, дней
Жансая (St.)	29	96	125
Ай Сауле	37	101	138

Одними из важных селекционных признаков, характеризующих сорт, являются: высота растения, высота прикрепления нижних бобов, количество боковых ветвей, число бобов на растении, масса семян с растения, а также масса 1000 семян. Испытуемый сорт сои Ай Сауле превысил по всем элементам структуры стандарт Жансая и был наравне лишь только по признаку количество боковых ветвей соответственно (табл. 3). В среднем за годы исследований урожайность семян сорта Ай Сауле по питомникам превышала стандарт

Жансая. Так, в демонстрационном питомнике этот показатель составил 43,3 ц/га, что на 3,3 ц/га было выше стандарта (40,0 ц/га).

Таблица 3

Показатели элементов структуры по хозяйственно ценным признакам сорта Ай Сауле (среднее за 2022-2024 гг.).

Сорт	Высота растения, см	Высота прикрепления нижних бобов, см	Количество боковых ветвей, шт.	Число бобов на растении, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
Жансая (St.)	92,0	12,1	1	55	20,0	177,0
Ай Сауле	106,0	15,8	1	67	38,0	179,0

В питомниках испытания 1-го года (П1) и 2-го года (П2) урожайность сорта Ай Сауле была 41,7 ц/га и 41,8 ц/га, что превышала на 1,5 ц/га и 0,5 ц/га к сорту стандарту Жансая соответственно (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность сорта Ай Сауле по питомникам в сравнении со стандартом

Сорт	Годы	Урожайность, ц/га		
		Дем. пит.	П1	П2
Жансая (St.)	2022	31,3	38,8	32,6
	2023	45,0	46,7	36,5
	2024	43,8	35,0	54,9
Среднее		40,0	40,2	41,3
Ай Сауле	2022	35,4	40,8	37,1
	2023	47,9	38,3	39,9
	2024	46,7	46,1	48,6
Среднее		43,3	41,7	41,8
Отклонение от st		+3,3	+1,5	+0,5



Рис. 3. Расположение селекционных питомников сои в КазНИИЗиР, 2024 г.



Рис. 4. Производственные посеы сорта сои Ай Сауле, 2024 г.

Согласно биохимическим характеристикам, сорт сои Ай Сауле можно отнести к сортам с высоким содержанием масла – 23,4%, против 21,7% у сорта стандарта, что превышает этот показатель на 1,7%. Однако по содержанию белка (38,7%) он немного уступает сорту стандарту (39,0%) на 0,3% соответственно (табл. 5).

Таблица 5

Качественные показателям зерна сои сорта Ай Сауле

Сорт	Содержание в зерне, %	
	Белка	Масла
Жансяя (St.)	39,0	21,7
Ай Сауле	38,7	23,4

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований новый сорт сои Ай Сауле обладает преимуществами по хозяйственно ценным признакам в сравнении со стандартным сортом Жансяя, а также превышает его по урожайности. Содержание масла и белка в его семенах говорит о высоком качестве зерна. Сорт может использоваться в пищевой промышленности. За счет более высокого прикрепления нижних бобов сорт Ай Сауле технологичен при уборке прямым комбайнированием.

Работа выполнена в рамках Программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства республики Казахстан по бюджетной программе BR 22885857 «Создание и внедрение в производство высокопродуктивных сортов и гибридов масличных, крупяных культур, с целью обеспечения продовольственной безопасности Казахстана».

Литература

1. Ержебаева Р.С., Дидоренко С.В., Кудайбергенов М.С., Даниярова А.К., Амангелдиева А.А. Поиск источников засухоустойчивости среди новой коллекции сои (*Glycine max*) в условиях Юго-Востока Казахстана. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 3 (31). – С. 63-73. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11116
2. Виниченко Н.А., Салина Е.А., Кочетов А.В. Потенциал использования молекулярных маркеров в селекции сои. // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – № 6 (3). – С. 107-125. DOI:10.18699/Letters2020-6-15

3. Шабалкин А.В., Дубинкина Е.А. Соя - экономически выгодная культура. // *Аграрная Россия*. – 2022. – № 1. – С. 17-21.
4. Яранцев И.А. Соя - культура прошлого, настоящего и будущего. // *Материалы V студенческой научно-практической конференции*. – 2021. – С. 120-122.
5. Бродин Н.В. Значение сои как белковой и масличной культуры // *Материалы V Международной научно-практической конференции*. – 2021. – С. 45-51.
6. Ilker E., Kocaturk M., Kadiroglu A., Yildirim A., Ozturk G., Yildiz H., Koken I. Adaptation abilities and quality parameters of selected soybean lines under double cropping in the Mediterranean region. // *Turkish Journal of Field Crops*. - 2018. - Vol. 23, №1. - P. 49-55. DOI:10.17557/tjfc.421584
7. Ali1 W., Moiez M.A., Iftikhar F., Qureshi M., Ceyhan A. Nutritive potentials of Soybean and its significance for human's health and animal production: A Review. // *Eurasian Journal of Food Science and Technology*. – 2020. - Vol. 4, No 1. – P. 41-53.
8. Rizzo G. The Antioxidant Role of Soy and Soy Foods in Human Health. // *Antioxidants*. – 2020. - Vol. 9. – P. 1-25. DOI:10.3390/antiox9070635
9. Герасимова Е.Г., Дидоренко С.В., Жаркова С.В. Фоточувствительность образцов сои при разных сроках посева в условиях предгорно-степной зоны Восточно-Казахстанской области. // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2023. – № 12 (230). – С. 43-49.
10. Фокина Е.М., Разанцев Д.Р. Этапы создания и характеристика нового скороспелого сорта сои Золотница. // *Дальневосточный аграрный вестник*. – 2022. – № 4. – С. 70-77. DOI: 10.22450/199996837_2022_4_70
11. Statista.com Leading soybean producing countries worldwide from 2012/13 to 2022/23 [Electronic resource]. - 2023. URL: <https://www.statista.com/statistics/263926/soybean-production-in-selected-countries-since-1980/>
12. Sfera.fm Топ-10 стран-производителей сои [Электронный ресурс]. - 2023. URL: <https://sfera.fm/articles/maslichnye/top-10-stran-proizvoditelei-soi>
13. Бюро Национальной статистики республики Казахстан [Электронный ресурс]. – URL: <https://stat.gov.kz/>
14. Дидоренко С.В., Агеенко А.В., Сагит И., Абилдаева Ж.Б., Сайкенова А.Ж., Канаткызы М. Фенотипирование гермоплазмы сои *Glycine max* (L.) Merr. по признаку неосыпаемости семян. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2021. – № 1 (37). – С. 53-59. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-1-53-59

References

1. Erzhebaeva R.S., Didorenko S.V., Kudajbergenov M.S., Danijarova A.K., Amangeldieva A.A. The search for sources of drought tolerance among a new collection of soybeans (*Glycine max*) in the conditions of South-East of Kazakhstan. *Zernobobovye i krupjanye kul'tury*, 2019, no. 3 (31), pp. 63-73. DOI:10.24411/2309-348X-2019-11116 (In Russian)
2. Vinichenko N.A., Salina E.A., Kochetov A.V. Potential of using molecular markers in soybean breeding. *Pis'ma v Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2020, no. 6 (3), pp. 107-125. DOI:10.18699/Letters2020-6-15 (In Russian)
3. Shabalkin A.V., Dubinkina E.A. Soybean is an economically profitable crop. *Agrarnaja Rossija*, 2022, no. 1, pp. 17-21. (In Russian)
4. Jarancev I.A. Soybeans is a crop of the past, present and future. *Materialy V studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, 2021, pp. 120-122. (In Russian)
5. Brodin N.V. The importance of soybean as a protein and oilseed crop. *Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, 2021, pp. 45-51. (In Russian)
6. Ilker E., Kocaturk M., Kadiroglu A., Yildirim A., Ozturk G., Yildiz H., Koken I. Adaptation abilities and quality parameters of selected soybean lines under double cropping in the Mediterranean region // *Turkish Journal of Field Crops*. - 2018. - Vol. 23, no. 1. - P. 49-55. DOI:10.17557/tjfc.421584
7. Ali1 W., Moiez M.A., Iftikhar F., Qureshi M., Ceyhan A. Nutritive potentials of Soybean and its significance for human's health and animal production: A Review // *Eurasian Journal of Food Science and Technology*. – 2020. - Vol. 4, no 1. – P. 41-53.
8. Rizzo G. The Antioxidant Role of Soy and Soy Foods in Human Health // *Antioxidants*. – 2020. - Vol. 9. – P. 1-25. DOI:10.3390/antiox9070635

9. Gerasimova E.G., Didorenko S.V., Zharkova S.V. Photosensitivity of soybean samples at different sowing dates in conditions of pre-mountain-steppe zone of East Kazakhstan region. *Vestnik altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, no. 12 (230), pp. 43-49.
10. Fokina E.M., Razancvej D.R. Stages of creation and characterization of a new early maturing soybean variety Zolotnitsa. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2022, no. 4, pp. 70-77. DOI: 10.22450/199996837_2022_4_70 (In Russian)
11. Statista.com Leading soybean producing countries worldwide from 2012/13 to 2022/23 [Electronic resource]. - 2023. URL: <https://www.statista.com/statistics/263926/soybean-production-in-selected-countries-since-1980/>
12. Sfera.fm Top 10 soybean producing countries [Electronic resource]. - 2023. URL: <https://sfera.fm/articles/maslichnye/top-10-stran-proizvoditelei-soi>
13. Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan [Electronic resource]. – URL: <https://stat.gov.kz/>
14. Didorenko S.V., Ageenko A.V., Sagit I., Abildaeva Zh.B., Sajkenova A.Zh., Kanatkyzy M. Phenotyping of germoplasm of soybean *Glycine max* (L.) Merr. for the trait of seed non-sheddability. *Zernobobovye i krupjanye kul'tury*, 2021, no. 1 (37), pp. 53-59. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-1-53-59 (In Russian)

ПОСЛЕВСХОДОВЫЕ ГЕРБИЦИДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ФАСОЛИ

Н.А. ЧЕРНЕНЬКАЯ, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

E-mail: nadejdazbk@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований о применении послевсходовых гербицидов в посевах зерновой фасоли сорта Стрела. Установлена высокая биологическая эффективность 5 препаратов на основе бентазона (Базагран, ВР, Бенито, ККР, Гейзер, ККР) и имазамокса (Гермес, МД, Имазошанс, ВР). Данные гербициды не оказывали фитотоксического действия на культуру; фенофазы развития фасоли протекали синхронно с контролем. Оптимальный срок применения препаратов на культуре – фаза первого тройчатого листа.

При смешанном типе засорения посевов фасоли наиболее эффективны системные препараты широкого спектра действия: Гейзер, ККР с нормой 2,0 л/га, Гермес, МД с нормой 0,7 л/га и Имазошанс, ВР с нормой 1,0 л/га.

Гербициды для контроля однолетних двудольных сорняков (Базагран, ВР, Бенито, ККР) эффективно подавляют сорную растительность в своём сегменте. Оптимальные нормы применения препаратов: Базагран ВР – 2,0 л/га, Бенито ККР – 2,0 л/га. В посевах фасоли со смешанным типом засорения целесообразно применение баковой смеси: Базагран, ВР – 2,0 л/га + Хилер, МКЭ – 1,0 л/га.

Ключевые слова: фасоль, засоренность, гербициды, биологическая эффективность, хозяйственная эффективность.

Для цитирования: Черненкокая Н.А. Послевсходовые гербициды для защиты фасоли. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025; 1(53):49-56. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-49-56

POST-EMERGENCE HERBICIDES FOR BEAN PROTECTION

N.A. Chernenkaya

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GOAT CROPS

Abstract: The article presents the results of research on the use of post-emergence herbicides in crops of grain bean variety Strela. High biological efficacy of 5 preparations based on bentazon (Bazagran, BP, Benito, KKR, Geysler, KKR) and imazamox (Hermes, MD, Imazoshans, BP) was revealed. These herbicides had no phytotoxic effect on the crop; the phenophases of bean development proceeded synchronously with the control. The optimum time for application of preparations on the crop is the phase of the first triple leaf.

At mixed type of weeding of bean crops the most effective are systemic preparations of a wide spectrum of action: Geysler, KKR with a rate of 2.0 l/ha, Hermes, MD with a rate of 0.7 l/ha and Imazoshans, BP with a rate of 1.0 l/ha.

Herbicides for the control of annual dicotyledonous weeds (Bazagran, BP, Benito, KKR) effectively suppress weed vegetation in their segment. Optimal rates of application of preparations: Bazagran BP - 2.0 l/ha, Benito KKR - 2.0 l/ha. In bean crops with mixed type of infestation it is advisable to use tank mixture: Bazagran, BP - 2.0 l/ha + Hilaire, MKE - 1.0 l/ha.

Keywords: beans, weediness, herbicides, biological efficiency, economic efficiency.

Введение

Фасоль занимает второе место после сои по распространению зернобобовых культур в мировом земледелии. В России ситуация противоположная. В общей структуре производства зерна в нашей стране бобовые занимают около 4%. И здесь фасоль проигрывает конкурентам. Самые большие площади в России занимает горох, на втором месте соя, затем люпин, фасоль и чечевица. Примерно 80-90% фасоли в нашей стране выращивают в личных подсобных хозяйствах, и лишь 10-20% – в промышленных масштабах [1].

Посевные площади фасоли в России в 2023 году находились на отметках в 5,4 тыс. га. Это на 25,5% (на 1,8 тыс. га) меньше, чем в 2022 году.

Общий объем валовых сборов фасоли в нашей стране в 2023 году составил 8,4 тыс. тонн, а средняя урожайность – 19,6 ц/га. За год, по расчетам АБ-Центр, сборы сократились на 18,6% (на 1,9 тыс. тонн). Такие объемы сборов фасоли даже на четверть не покрывают внутренние потребности в данном виде зернобобовых. Импортные поставки фасоли в Россию, по данным АБ-Центр, более чем в 3 раза превышают объемы внутреннего производства.

Главный сдерживающий фактор выращивания фасоли - низкая урожайность. При этом фасоль может расти почти везде, а потенциальная урожайность этой культуры очень высока – в полевых опытных условиях удастся собрать до 6 т/га. Однако, чтобы этого добиться, требуется неукоснительно следовать технологии выращивания, соблюдать севооборот и использовать качественную агротехнику. При этом максимум усилий необходимо направить на уничтожение сорной растительности, поскольку медленный рост фасоли, особенно вначале способствует развитию сорняков и засорению полей [1].

В наших исследованиях сорные растения снижали урожайность фасоли на 77% (табл. 2). Почвенные гербициды (Бриг, КС, Зонтран, ККР) обеспечивали полную чистоту посевов фасоли в течение двух недель. На 45 день после обработки их биологическая эффективность составляла 19-48%, а хозяйственная эффективность была на уровне 0,20-0,34 т/га или 20-25% [2]. В засушливых условиях 2024 года почвенные препараты на фасоли практически не сработали. Очевидно, что необходим дальнейший поиск высокоэффективных гербицидов.

Цель исследования – поиск эффективных гербицидов для борьбы с сорной растительностью в посевах фасоли для повышения урожайности и получения продукции высокого качества.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2022-2024 годах в севообороте лаборатории агротехнологий и защиты растений ФНЦ ЗБК. Почва участка темно-серая лесная, среднесуглинистая, среднекультуренная.

Объекты исследований – фасоль сорта Стрела селекции ФГБНУ ФНЦ ЗБК, а так же препараты АО «Щелково Агрохим», BASF и Шанс. Изучали действие послевсходовых гербицидов (Базагран, ВР, Бенито, ККР, Гейзер, ККР, Гермес, МД, Концепт, МД, Имазошанс, ВР), разрешенных к применению в посевах гороха и сои, на урожайность и качество продукции фасоли.

Обработку посевов проводили с учётом регламента применения препаратов [3]. Для внесения гербицидов использовали ранцевый опрыскиватель "ENIFIELD" EN12L-8A, оборудованный метровой штангой со щелевыми распылителями. Норма расхода рабочей жидкости 300 л/га. Биологическую эффективность определяли согласно Методическим рекомендациям по проведению регистрационных испытаний гербицидов (С-Петербург, 2020).

Посев фасоли проводили в оптимальные сроки для нашего региона – вторая декада мая: 17.05.22., 10.05.23., 16.05.24. Способ посева – широкорядный (45 см), сеялка СКС-6-10. Норма высева – 400 тыс. шт. всхожих семян на гектар. Повторность опыта четырёхкратная, размещение делянок систематическое со смещением.

В период вегетации проведены учёты и наблюдения: фенологические наблюдения за растениями, полнота всходов, динамика роста, сохранность растений, структура урожая, биологическая урожайность согласно установленным Методическим указаниям по проведению полевых исследований с кормовыми культурами (М., 1997)).

Способ уборки – прямое комбайнирование – «Sampro -130», «ZION -150». Учёт урожая поделяночный. Статистическая обработка экспериментальных данных - по Б.А. Доспехову (1985).

Результаты исследований

Опытные поля экспериментального севооборота имеют крайне высокую засоренность – 128-670 экз./м². Тип засорения – смешанный. Видовой состав сорных растений варьировал в пределах 22-25 названий. Наиболее распространенные из них: *вьюнок полевой* – *Convolvulus arvensis* L., *горец птичий* – *Polygonum aviculare* L., *ежовник обыкновенный* – *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., *звездчатка средняя* – *Stellaria media* (L.) Vill., *марь белая* – *Chenopodium album* L., *осот огородный* – *Sonchus oleraceus* L., *осот полевой* – *Sonchus arvensis* L., *пикульник обыкновенный* – *Galeopsis tetrahit* L., *редька дикая* – *Raphanus raphanistrum* L., *чистец болотный* – *Stachys palustris* L., *щетинник зелёный* – *Setaria viridis* (L.) Beauv., *щирца запрокинутая* – *Amaranthus retroflexus*. Сорные растения распространены неравномерно – 54-670 экз./м². В отдельных куртинах их плотность превышала 700 экз./м². Среди сорняков преобладали однолетние злаковые – 10-81 %, однолетние двудольные: *щирца запрокинутая* – 9-90% и *марь белая* – 9-90%. Из многолетних сорняков наибольшее распространение получили *вьюнок полевой* – 2-4 экз./м², *чистец болотный* – 1-5 экз./м² и *осоты желтый* и *розовый* по 1- 3 экз./м².

В результате трехлетних испытаний установлено, что наиболее оптимальным сроком внесения послевсходовых гербицидов на фасоли является фаза первого тройчатого листа. К этому моменту появляется максимальное количество сорных растений, которые находятся в уязвимой фазе развития: 1-3 листа однолетние злаковые, 2-4 листа однолетние двудольные. Растения фасоли в этот период наименее подвержены стрессу, так как уже имеют относительно развитую корневую систему, а генеративные органы еще не начали своё формирование [4]. К фазе развития культуры 2-3 листа сорные растения перерастают и становятся менее уязвимы для гербицидов. В этот период фасоль входит в фазу бутонизации, и гербицидная обработка будет являться весьма серьёзным, нежелательным стрессом для культуры.

Для защиты посевов фасоли от сорной растительности мы использовали послевсходовые препараты на основе бентазона (Базагран, ВР, Бенито, ККР, Гейзер, ККР) и имазамокса (Гермес, МД, Имазошанс, ВР, Концепт, МД), разрешенные к применению в посевах сои и гороха. Применяемые гербициды эффективно подавляли сорные растения в посевах фасоли, способствуя сохранению урожая и обеспечивая получение дополнительного дохода. Гербицидное действие препаратов наблюдалось в течение всего периода вегетации культуры с момента их применения. Биологическая эффективность гербицидов напрямую зависела от их спектра действия. Наибольшая биологическая эффективность, в посевах со смешанным типом засорения, отмечена в вариантах с системными препаратами широкого спектра действия: Гейзер, ККР, Гермес, МД, Концепт, МД и Имазошанс, ВР.

Действие препаратов на сорных растениях в виде угнетения, ожогов и хлороза проявлялось на третий день после обработки. С увеличением нормы препарата эффективность обработки повышалась. После применения 2,0 л/га Гейзер, ККР общая засоренность посевов через 15 дней снижалась на 76,3%, через 30 дней – на 79,3% и на 55,3% – через 45 дней. При этом масса однолетних сорняков уменьшалась на 69,0% – 80,7%. С увеличением нормы препарата до 2,5 л/га общее количество сорняков через 15 дней сократилось уже на 81,7% и на 63,3% – через 45 дней. Масса сорняков на 30 и 45 день уменьшалась на 81,3% – 75,0% соответственно. Аналогично, применение 0,7 л/га Гермес, МД через 15 дней сократило общую засоренность на 81,0%; через 45 дней – на 68,7%. С увеличением нормы Гермес, МД до 0,9 л/га количество сорняков через 15 и 45 дней сократилось уже на 83,7% и 70,0% соответственно. Та же закономерность отмечена с препаратами Концепт, МД и Имазошанс, ВР. С нормой препарата Концепт, МД с 0,6 л/га общее количество сорняков через 15 дней сокращалась на 61,3%, через 45 дней – на 62,7%. С увеличением нормы гербицида до 1,0 л/га эффективность обработки через 15 дней составляла уже 82,3% и 70,3% – через 45 дней. Биологическая эффективность препарата Имазошанс, ВР с нормой 0,8 л/га через 15 дней составила 72,0% и 72,7% – через 45 дней. С увеличением нормы расхода Имазошанс, ВР до 1,0 л/га через 15 дней засоренность сократилась на 76,3%, через 45 дней – 76,0% (табл. 1). Биологическая эффективность послевсходовых системных гербицидов была стабильно высокой на протяжении всего периода исследований.

Таблица 1

Биологическая эффективность послевсходовых системных гербицидов за трехлетний период исследований

№ п/п	Варианты	Период учёта, дней	Биологическая эффективность, %							
			Количество сорняков				Масса сорняков			
			2022	2023	2024	ср. за 3 года	2022	2023	2024	ср. за 3 года
1.	Гейзер, ККР – 2,0 л/га	15	57	96	76	76,3	-	-	-	-
		30	83	57	98	79,3	67	47	93	69,0
		45	40	62	64	55,3	67	85	90	80,7
2.	Гейзер, ККР – 2,5 л/га	15	74	83	88	81,7	-	-	-	-
		30	78	70	95	81,0	89	67	88	81,3
		45	57	40	93	63,3	91	61	73	75,0
3.	Гермес, МД – 0,7 л/га	15	78	68	97	81,0	-	-	-	-
		30	70	62	99	76,3	48	82	97	75,7
		45	55	54	97	68,7	58	71	96	75,0
4.	Гермес, МД – 0,9 л/га	15	75	76	100	83,7	-	-	-	-
		30	54	66	100	73,3	53	76	100	76,3
		45	57	54	99	70,0	73	65	92	76,7
5.	Концепт, МД – 0,6 л/га	15	82	2	100	61,3	-	-	-	-
		30	47	49	100	65,3	20	55	100	58,3
		45	64	25	99	62,7	51	7	100	52,7
6.	Концепт, МД – 1,0 л/га	15	79	68	100	82,3	-	-	-	-
		30	38	32	99	56,3	56	70	98	74,7
		45	61	51	99	70,3	83	72	92	82,3

<i>продолжение табл. 1</i>										
7.	Имазошанс, ВР – 0,8 л/га	15	88	28	100	72,0	-	-	-	-
		30	84	22	100	68,7	89	38	100	75,7
		45	96	30	99	72,7	90	46	90	75,3
8.	Имазошанс, ВР – 1,0 л/га	15	93	36	100	76,3	-	-	-	-
		30	74	57	100	77,0	76	80	100	85,3
		45	67	62	99	76,0	88	66	94	82,7
9.	Хилер, МКЭ – 1,0 л/га	15	-	90	-	45,0	-	86	-	28,7
		30	44	38	-	41,0	-	71	-	23,7
		45	42	52	-	47,0	34	38	-	24,0
10.	Базагран, ВР – 2,0 л/га	15	-	24	60	42,0	-	-	-	-
		30	-	21	29	25,0	-	-	26	13,0
		45	-	38	22	30,0	-	40	-	20,0
11.	Базагран, ВР – 2,0л/га + Хилер, МКЭ – 1,0 л/га	15	-	65	83	74,0	-	75	-	25,0
		30	46	48	77	57,0	-	57	68	28,5
		45	47	43	47	45,7	72	71	36	59,7
12.	Бенито, ККР – 2,0 л/га	15	-	13	48	20,3	-	-	-	-
		30	14	6	41	20,3	-	24	48	24,0
		45	41	7	41	29,7	78	22	-	33,3
13.	Бенито, ККР – 2,5 л/га	15	-	11	46	19,0	-	10	-	3,3
		30	34	16	89	46,3	-	26	58	28,0
		45	39	27	65	43,3	29	16	34	26,3

Биологическая эффективность послевсходовых препаратов узкого спектра действия (Хилер, МКЭ, Базагран, ВР, Бенито, ККР) заметно варьировала по годам, поскольку данный показатель напрямую зависит от видового состава сорных растений экспериментального участка. В своём сегменте испытываемые препараты были высокоэффективными в течение всего периода исследований (2022-2024 гг.), не оказывая фитотоксического действия на рост и развитие фасоли. Контактный гербицид для контроля однолетних двудольных сорняков Базагран, ВР с нормой 2,0 л/га через 15 дней сокращал общее количество сорняков на 42,0% и на 30% через 45 дней. Следует отметить, что в наших опытах Базагран, ВР наряду с однолетними двудольными сорняками эффективно подавлял осот (желтый, розовый) в фазе – всходы - розетка. На более поздних фазах развития осота препарат повреждал точку роста сорняка; осоты не погибали, но останавливались в росте и развитии. Применение 2,0 л/га контактного гербицида для контроля однолетних двудольных сорняков Бенито, ККР снижало общую засоренность через 30 и 45 дней на 20,3%, 29,7% соответственно. С увеличением нормы препарата Бенито, ККР до 2,5 л/га эффективность повышалась до 46,3% и 43,3%. Показатель биологической эффективности существенно повышался при применении баковой смеси противозлаковых и противодвудольных гербицидов: Базагран, ВР – 2,0 л/га + Хилер, МКЭ – 1,0 л/га. Через 15, 30 и 45 дней количество сорных растений в этом варианте сокращалось на 74,0%, 57,0% и 45,7% соответственно (табл. 1).

Основными факторами, повлиявшими на показатель урожайности фасоли в наших исследованиях, являются засоренность посева и погодные условия вегетационного периода. Сорная растительность снижала урожайность фасоли в разные годы от 64% до 88%, т.е. в среднем на 77%. Довольно высокий фактор влияния погодных условий на урожайность культуры, который составил 46%-58%.

Говоря о хозяйственной эффективности, следует отметить, что все исследуемые гербициды способствовали сохранению урожая (табл. 2). Наиболее эффективными были системные препараты широкого спектра действия Гейзер, ККР и Гермес, МД. В вариантах с Гейзер, ККР – 2,0 л/га урожайность превышала контроль (K_0) на 0,67 т/га или 49%, с Гермес, МД - 0,7 л/га прибавка составила 0,65 т/га или 47%. С увеличением нормы расхода Гейзер, ККР до 2,5 л/га и Гермес, МД до 0,9 л/га хозяйственная эффективность не повышалась и составила – 43% и 41% соответственно. Системный препарат Имазошанс, ВР несущественно уступал по эффективности. Здесь наибольшая прибавка урожая 0,55 т/га (40%) отмечена в варианте с нормой препарата - 1,0 л/га. Урожайность фасоли в вариантах с Концепт, МД на 0,22-0,31 т/га (16%-22%) превышала контроль (K_0). Однако, фитотоксичность, вызываемая этим гербицидом после обработки, и увеличение срока вегетации фасоли фактически на месяц, ставит вопрос о целесообразности его применения в посевах данной культуры.

Послевсходовые препараты узкого спектра действия (Хилер, МКЭ, Базагран, ВР, Бенито, ККР) даже при смешанном типе засорения показали свою высокую хозяйственную эффективность, которая существенно повышалась при совместном применении противозлаковых и гербицидов для контроля однолетних двудольных сорняков. Так прибавка урожайности к контролю (K_0) в варианте с противозлаковым гербицидом Хилер, МКЭ – 1,0 л/га составила 0,29 т/га или 21%, с противодвудольным препаратом - Базагран, ВР – 2,0 л/га – 0,51 т/га или 37%. При применении баковой смеси Базагран, ВР – 2,0 л/га + Хилер, МКЭ – 1,0 л/га хозяйственная эффективность составила уже 0,67 т/га или 49%. Хозяйственная эффективность с Бенито, ККР была на уровне – 0,26-0,33 т/га или 19-24% (табл. 2).

Рассчитывая агроэкономическую эффективность приема в условия рыночной экономики, следует отметить широкий разбег цен, как на саму продукцию, так и на используемые препараты. На текущий момент 2024 года цена элитных семян фасоли и семян первого класса варьирует в пределах 100-150 тыс. рублей за тонну. Стоимость препаратов была в пределах: Зонтран, ККР – 1500 руб. – 15480 руб. - 5 л; Бриг, КС – 1300 руб. – 15000 руб. - 10 л; Гермес, МД – 1700 руб. – 36960 руб. – 10 л; Гейзер, ККР – 1100 руб. – 26400 руб. – 10 л; Имазошанс, ВР – 1800 руб. – 23220 руб. – 10 л, Базагран, ВР – 1500 руб. – 29380 руб. – 10 л; Бенито, ККР – 900 руб. – 16680 руб. – 10 л; Хилер, МКЭ - 500 руб. – 8640 руб. – 5 л [5]. В таблице № 3 приведены расчеты экономической эффективности приёма исходя из минимальной стоимости продукции и максимальной стоимости используемых гербицидов.

Применение послевсходовых гербицидов в посевах фасоли окупается получением дополнительного дохода, который в 10-25 раз превышает расходы на препараты (табл. 3).

Хозяйственная эффективность применения гербицидов на фасоли (сорт Стрела)

№ п/п	Варианты	Урожайность, т/га				Хозяйственная эффективность	
		2022	2023	2024	средняя за 3 года	т/га	%
1.	Контроль (К ₀) - без обработки	1,04	1,86	1,24	1,38	-	100
2.	Контроль (К _п) - ручная прополка	1,93	3,05	2,33	2,44	+ 1,06	177
3.	Хилер, МКЭ - 1,0л/га	1,42	2,06	1,52	1,67	+ 0,29	121
4.	Базагран, ВР - 2 л/га + Хилер, МКЭ – 1,0 л/га	1,58	2,66	1,91	2,05	+ 0,67	149
5.	Базагран, ВР - 2 л/га	-	1,89	1,89	1,89	+ 0,51	137
6.	Бенито, ККР - 2,0 л/га	1,69	1,58	1,85	1,71	+ 0,33	124
7.	Бенито, ККР - 2,5 л/га	1,32	1,62	1,97	1,64	+ 0,26	119
8.	Гейзер, ККР - 2,0 л/га	1,75	2,54	1,87	2,05	+ 0,67	149
9.	Гейзер, ККР - 2,5 л/га	1,39	2,86	1,68	1,98	+ 0,60	143
10.	Гермес, МД - 0,7 л/га	1,77	2,68	1,65	2,03	+ 0,65	147
11.	Гермес, МД - 0,9 л/га	1,68	2,26	1,88	1,94	+ 0,56	141
12.	Концепт, МД - 0,6 л/га	1,46	2,18	1,16	1,60	+ 0,22	116
13.	Концепт, МД - 1,0 л/га	1,44	2,21	1,42	1,69	+ 0,31	122
14.	Имазошанс, ВР - 0,8 л/га	1,77	2,26	1,57	1,87	+ 0,49	136
15.	Имазошанс, ВР - 1,0 л/га	1,15	2,98	1,65	1,93	+ 0,55	140
НСР ₀₅		0,11	0,11	0,19			

Таблица 3

Агроэкономическая эффективность применения гербицидов на фасоли (сорт Стрела)

№ п/п	Варианты	Стоимость, тыс. руб./га		Затраты на Препараты	Дополнительный доход
		Продукции	Прибавки		
тыс. руб./га					
1.	Контроль	138	-	-	-
2.	Гейзер, ККР – 2 л/га	205	67	5,280	61,720
3.	Гермес, МД – 0,7 л/га	203	65	2,587	62,413
4.	Базагран, ВР – 2 л/га+ Хилер, МКЭ – 1 л/га	205	67	7,604	59,396
5.	Имазошанс, ВР – 1 л/га	193	55	2,322	52,678
6.	Базагран, ВР – 2 л/га	189	51	5,876	45,124
7.	Бенито, ККР – 2 л/га	171	33	3,336	29,664

Заключение

Сорная растительность снижает урожайность фасоли на 77%, что вызывает необходимость применения гербицидов в посевах.

Установлена высокая биологическая эффективность применения 5 послевсходовых гербицидов на основе бентазона (Базагран, ВР, Бенито, ККР, Гейзер, ККР) и имазамокса (Гермес, МД, Имазошанс, ВР) и возможность их использования в посевах зерновой фасоли, сорта Стрела. Данные препараты не оказывали фитотоксического действия на культуру; фенофазы развития фасоли протекали синхронно с контролем. Оптимальный срок применения препаратов на культуре – фаза первого тройчатого листа.

При смешанном типе засорения посевов фасоли наиболее эффективны системные препараты широкого спектра действия: Гейзер, ККР с нормой 2,0 л/га, Гермес, МД с нормой 0,7 л/га и Имазошанс, ВР с нормой 1,0 л/га.

Гербициды для контроля однолетних двудольных сорняков (Базагран, ВР, Бенито, ККР) эффективно подавляли сорную растительность в своём сегменте. Оптимальные нормы применения препаратов: Базагран ВР – 2,0 л/га, Бенито ККР – 2,0 л/га. В посевах фасоли со смешанным типом засорения целесообразно применение баковой смеси: Базагран, ВР – 2,0 л/га + Хилер, МКЭ – 1,0 л/га.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FGZZ-2022-0002.

Литература

1. Фасоль. Посевные площади, валовые сборы и урожайность в 2023 году. <http://www.gks.ru> /объёмы производства элитных и репродукционных семян...
2. Черненькая Н.А. Почвенные гербициды для защиты фасоли обыкновенной // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – №1 (49). – С. 46-51. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-46-51
3. Каталог – Щелково Агрохим – 2021. АО «Щелково Агрохим». [https:// www.betaren.ru](https://www.betaren.ru)
4. Лебкова О.А. Параметры экологической пластичности фасоли обыкновенной зернового типа в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – №3 (43). – 33-40. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-33-40
5. Прайс на средства защиты растений на 2024 год! vak33.ru > images/praise/2024/prais_...

References

1. Beans. Planting areas, gross yields and yields in 2023. <http://www.gks.ru> /ob"emy proizvodstva elitnykh i reproduktsionnykh semyan...
2. Chernen'kaya N.A. Soil herbicides for the protection of common bean. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2024, no.1 (49), pp. 46-51. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-46-51
3. Catalog - Shchelkovo Agrokhim - 2021, AO «Shchelkovo Agrokhim». [https:// www.betaren.ru](https://www.betaren.ru)
4. Lebkova O.A. Parameters of ecological plasticity of common beans of grain type in the conditions of the Oryol region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2022, no.3 (43), pp. 33-40. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-33-40
5. Price for plant protection means for 2024 год! vak33.ru > images/praise/2024/prais_...

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОРТОВ ПРОСА ПОСЕВНОГО В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.П. ТИХОНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,

<https://orcid.org/0000-0003-4874-436X>

Т.В. ТИХОНОВА, научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-0435-5530>

В.А. МОЗЛОВ, младший научный сотрудник, E-mail: Mozlovva@ya.ru,

<https://orcid.org/0000-0003-4638-0523>

И.С. АРМЯНИНОВА, младший научный сотрудник, <https://orcid.org/0009-0002-6325-9063>

В.А. КУЛИКОВА, научный сотрудник,

ФГБНУ «ФАНЦ ЮГО-ВОСТОКА», САРАТОВ

***Аннотация.** Представлены результаты сравнительного изучения показателей качества зерна у рекомендованных к возделыванию (в разные годы) сортов проса посевного [1] с красной и жёлтой окраской цветковых плёнок. Исследования проводились на полях ФАНЦ Юго-Востока в 2023-2024 годы. Выявлены отчётливо выраженные различия сортов по базовым, генетически контролируемым признакам. Масса 1000 зёрен в указанные годы варьировала от 6,6-7,9 г у мелкозёрных (в условиях Саратова) сортов (Аполлон, Регент, Харьковское 57 и др.) до 9,2-9,8 г у сортов Саратовское 12, Россиянка, Поволжское 80. Желтизна ядра, коррелирующая с содержанием каротиноидных пигментов, изменялась от 1,0-2,0 баллов (белесое и бледно-жёлтое ядро) у сортов с пониженным количеством каротиноидов (Белгородское 1, Камышинское 98, Харьковское 65 и др.) до 3,5-4,5 баллов (окраска ядра - от жёлтой до интенсивно-жёлтой, тёмно-жёлтой) – у сортов со средним и высоким содержанием каротиноидов (Саратовское 10, Саратовское 12, Россиянка, Саратовское жёлтое, Казачье, Атлет, Сардар, Сарбин и др.). Максимум по этим показателям проявило Саратовское 15: янтарная желтизна - 5,0 баллов, каротиноиды – 14,0 мг/кг при достаточно высокой массе 1000 зёрен – 8,9 г. Содержание каротиноидных пигментов практически у всех сортов проявляет отрицательную корреляцию (от слабой до средней – в зависимости от набора оцениваемых генотипов) с содержанием белка. Генотипы с одновременным высоким содержанием каротиноидов и белка не выявлены. По степени восприимчивости к меланозу (подплёночному поражению зерна патогенной бактериально - грибковой микрофлорой) большинство изученных генотипов на основании полученных результатов следует считать высокоустойчивыми.*

Результаты сравнительной оценки сортов проса с красной и жёлтой окраской зерна по признакам его качества имеют важное значение для селекционной работы и могут служить хорошим ориентиром при выборе сортов для возделывания в конкретных экологических условиях.

Ключевые слова: просо посевное, сорт, масса 1000 зёрен, желтизна ядра, каротиноиды, белок, меланоз.

Для цитирования: Тихонов Н.П., Тихонова Т.В., Мозлов В.А., Армянинова И.С., Куликова В.А. Результаты оценки качества зерна сортов проса посевного в условиях правобережья Саратовской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):57-64. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-57-64

RESULTS OF GRAIN QUALITY EVALUATION OF COMMON MILLET VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT BANK OF THE SARATOV REGION

N.P. Tikhonov, T.V. Tikhonova, V.A. Mozlov, I.S. Armyaninova, V.A. Kulikova

Abstract: *The results of comparative study of grain quality indices in recommended for cultivation (in different years) varieties of common millet [1] with red and yellow coloration of flower films are presented. The research was carried out in the fields of FASC of the South-East in 2023-2024. Distinctly pronounced differences in varieties according to basic, genetically controlled characteristics were revealed. The weight of 1000 grains in these years ranged from 6.6-7.9 g for small-grain (in Saratov) varieties (Apollon, Regent, Kharkov 57, etc.) to 9.2-9.8 g for varieties Saratovskoye 12, Rossiyanka, Povolzhskoye 80. The yellowness of the kernel, correlating with the content of carotenoid pigments, varied from 1.0-2.0 points (whitish and pale yellow kernels) in varieties with a reduced amount of carotenoids (Belgorod 1, Kamyshin 98, Kharkov 65, etc.) to 3.5-4.5 points (the color of the kernel ranges from yellow to intense yellow, dark-yellow) - in varieties with medium and high carotenoid content (Saratovskoye 10, Saratovskoye 12, Rossiyanka, Saratovskoye yellow, Kazachye, Athlete, Sardar, Sarbin, etc.). Saratov 15 showed the maximum in these indicators: amber yellowness - 5.0 points, carotenoids - 14.0 mg/kg with a sufficiently high mass of 1000 grains - 8.9 g. The content of carotenoid pigments in almost all varieties shows a negative correlation (from weak to medium, depending on the set of the evaluated genotypes) with protein content. No genotypes with a simultaneous high content of carotenoids and protein have been identified. According to the degree of susceptibility to melanosis (subfilial damage to grain by pathogenic bacterial and fungal microflora), most of the studied genotypes should be considered highly resistant based on the results obtained. The results of a comparative assessment of millet varieties with red and yellow grain coloring based on their quality are important for breeding work and can serve as a good guideline when choosing varieties for cultivation in specific environmental conditions.*

Keywords: seed millet, variety, weight of 1000 grains, yellowness of the kernel, carotenoids, protein, melanosis.

Введение

По своим природным особенностям просо посевное (*Panicum miliaceum* L.) – одна из важных сельскохозяйственных культур универсального применения (пищевого, кормового, страхового и др.). Селекционеры продолжают расширять линейку селекционных достижений с новыми признаками, которые у более ранних сортов вообще отсутствовали. Например, наряду с традиционными красно- и жёлтозёрными сортами созданы и районированы белозёрные – Альба, Альбинос, Альбатрос. Созданы сорта с генетически неидентичной устойчивостью к возбудителю головни проса: Квартет – сорт включает 4 линии с моногенной резистентностью к патогену (Sp1...Sp4); Сарбин и Сардар защищены двумя тесно сцепленными генами – соответственно, Sp1,3 и Sp1,4; Саратовское 15 – фактически двухлинейный генотип, несущий блок Sp1,4 и ген Sp2. Очевидны положительные селекционные сдвиги по таким признакам, как крупнозёрность в сочетании с более высокой устойчивостью к меланозу, содержание каротиноидных пигментов, адаптированность к разным условиям и др. Однако складывается тревожная ситуация: посевные площади под просом в РФ продолжают сокращаться и на этом фоне востребованность новых сортов находится под большим вопросом. При этом информационный минимум применительно к конкретному сорту зачастую может не совпадать с реальностью его использования в соответствующих регионах. Хозяйствующие субъекты рисковать не заинтересованы и по этой причине чаще всего используют старые, проверенные генотипы. В этой связи авторы статьи рассматривают полученные результаты исследований в типичных для проса условиях правобережья Саратовской области как способ содействия выбору сорта проса заинтересованными аграриями.

Цель работы: сравнительная оценка сортов проса посевного селекции НИУ РФ по наиболее важным признакам качества зерна в условиях деятельности ФАНЦ Юго-Востока и на основе полученной информации – анализ проблем и задач в селекционной работе на ближайшее будущее.

Условия, материал и методы исследований

Исследования проводились на полях селекционного севооборота ФАНЦ Юго-Востока в 2023- 2024 гг. Климат Саратовской области – умеренно-континентальный, с частыми засухами разных сроков наступления (от ранне- весенних до летне-осенних и более поздних), продолжительности и интенсивности. Годовая сумма осадков составляет 370-420 мм. Гидротермический коэффициент варьирует в пределах 0,4-0,7. Почвы – южные чернозёмы с содержанием гумуса 3,0-3,5% и близкой к нейтральной реакции почвенного раствора (рН = 5,6-6,5). Предшественник – яровая мягкая пшеница. Агротехника – классическая: покровное боронование, «мелкие» культивации, посев (в конце мая), прикатывание посевов. Борьба с сорняками осуществлялась вручную. Объектом исследований служили две группы сортов проса посевного (краснозёрные и жёлтозёрные) из числа рекомендованных к возделыванию [1] в разные годы. Подбор сортов проведён с учётом варьирования их генотипических различий по базовым признакам (окраске зерна, его крупности и др.). Показатели – масса 1000 зёрен, желтизна и стекловидность ядра, содержание меланозных ядер (с их дифференциацией на слабо-, средне- и сильно испорченные, в натуральном числе и в %) определялись по результатам анализа 500 зёрен (по 250 типичных зёрен в двух полевых повторностях). Суммарное определение содержания каротиноидных пигментов и белка проведено в химико-аналитической лаборатории ФАНЦ Юго-Востока по общепринятым методикам (количество каротиноидов – с использованием н-бутанола; содержание белка – по Кьельдалю). Соотношение ядра и плёнок определяли путём анализа 100 типичных зёрен в 3-кратной повторности. Условия вегетации проса в 2023 г. характеризовались чередованием относительно благоприятных и непродолжительных неблагоприятных гидротермических факторов. В 2024 г. погодные условия вегетации проса существенно отличались: в начале мая были заморозки, значимых осадков не было. Посев проса (в конце мая) был проведён в «полусухую» почву, однако природные особенности культуры (засухоустойчивость, минимальная потребность во влаге для набухания и прорастания семян и др.) и глубокая заделка семян (до 8-12 см) позволили получить вполне удовлетворительные посевы. Выпавшие в июне осадки обеспечили нормальную густоту всходов и вторичное укоренение растений. С 3-й декады июня и до окончания уборки проса (во второй декаде сентября) осадки отсутствовали. Однако различия условий вегетации в годы исследований существенно не повлияли на показатели качества зерна и полученные результаты отражают комплекс генотипических особенностей изученных сортов проса.

Экспериментальные данные обработаны статистическими методами с использованием компьютерных программ Microsoft office Excel.

Результаты и их обсуждение

Рекомендованные к возделыванию сорта проса посевного [1], в т. ч. включённые в данное исследование, наряду с признаками, характеризующими качество зерна, имеют ряд других генетически контролируемых особенностей, имеющих важное хозяйственное значение, включая продолжительность вегетации, устойчивость к головне и др. (табл. 1).

Среди многочисленных показателей сложного признака качество зерна проса наиболее значимыми и информативными (в рамках общей характеристики конкретных сортов) чаще всего приводятся результаты по массе 1000 зёрен, желтизне и стекловидности ядра, содержанию каротиноидов и/или белка, степени восприимчивости к меланозу, натуре зерна и др. Практически каждый из перечисленных признаков является достаточно устойчивой (хотя и варьирующей под влиянием условий возделывания) сортовой характеристикой. В этой связи полученные авторами статьи результаты исследований (табл. 2, 3) целесообразно рассмотреть на уровне конкретных показателей.

Таблица 1.

Характеристика изученных сортов проса посевного по некоторым важным хозяйственно ценным признакам (среднее за 2023-2024 гг.)

Сорт проса	Ботаническая разновидность	Год внесения в Госреестр *	Продолжительность вегетации (суток)	Наличие генов устойчивости к головне**
Краснозёрные генотипы				
Саратовское 8	v. sanguineum (Alef.)	1991	100	-
Саратовское 10***	v. sanguineum (Alef.)	1999	91	Sp2
Саратовское 12	v. sanguineum (Alef.)	2005	89	-
Спутник	v. coccineum (Sir.)	2009	85	Sp1
Россиянка	v. subsanguineum (Köern.)	2011	86	Sp1
Алтайское золотистое	v. victoriae (Sir.)	2011	95	-
Данила	v. sanguineum (Alef.)	2012	88	Sp1
Регент	v. coccineum (Sir.)	2014	83	Sp1
Кулундинское	v. sanguineum (Alef.)	2015	92	Sp2
Поволжское 80	v. subsanguineum (Köern.)	2016	86	Sp1
Саратовское 15	v. sanguineum (Alef.)	2023	93	Sp1,4+2
Жёлтозёрные генотипы				
Мироновское 51	v. aureum (Alef.)	1973	95	-
Харьковское 65	v. aureum (Alef.)	1976	95	-
Харьковское 57	v. aureum (Alef.)	1987	97	
Золотистое***	v. aureum (Alef.)	2001	97	-
Камышинское 98	v. aureum (Alef.)	2001	93	Sp1
Саратовское жёлтое	v. aureum (Alef.)	2009	93	Sp2
Казачье	v. aureum (Alef.)	2011	94	Sp2
Сарбин	v. subaureum (Batal.)	2020	91	Sp1,3
Сардар	v. aureum (Alef.)	2023	96	Sp1,4
Атлет	v. flavum (Köern.)	2023	95	-
Аполлон	v. aureum (Alef.)	2023	98	-

Примечания: * – сорта проса из числа рекомендованных к возделыванию в РФ в 2024 г [1].

** – результаты идентификации по устойчивости к головне, полученные авторами статьи;

*** – сорта-стандарты;

Масса 1000 зёрен (МТЗ). Дифференциация изученных сортов по данному признаку отчётливо выражена (табл. 2), однако при этом присутствует старая проблема – интерпретация полученных результатов. В соответствии с Широким унифицированным классификатором... (1985) все сортообразцы проса с МТЗ $\geq 7,1$ г. следует считать крупнозёрными. По предложенной нами шкале [2], более соответствующей современным сортам и селекционному материалу НИУ России, сорта с очень мелким и мелким зерном характеризуются МТЗ $\leq 5,0 \dots 7,5$ г; к сортам со средним зерном следует относить показатели МТЗ $\geq 7,6 \dots 8,5$ г; к крупнозёрным – при МТЗ $\geq 8,6 \dots 9,5$ г и к генотипам с очень крупным зерном – с МТЗ $\geq 9,6$ г. В изученном нами наборе сортов только два сорта – Россиянка и Поволжское 80 – формируют очень крупное зерно (9,4...9,8 г) даже в средне засушливые годы, причём в сочетании с хорошими данными по каротиноидам и устойчивости к меланозу (табл. 1). Большинство изученных сортов относятся к генотипам со средним и крупным

зерном. И только некоторые сорта имеют сравнительно мелкое (6,6...7,5 г) зерно, переходящее при благоприятных для налива условиях в минимально среднее – 7,6...8,0 г).

Желтизна ядра и содержание каротиноидных пигментов. Следует подчеркнуть, что селекция на повышение содержания жёлтых пигментов – т. е. каротиноидов – общий признак у целого ряда достаточно разных культур, среди которых облепиха, морковь, тыква, просо, твёрдая пшеница и др. Например, достаточно высокий мировой уровень исследований каротиноидного комплекса у твёрдой пшеницы (см. обзор [3]) активно и эффективно используется в селекционной работе. Селекция проса посевного на комплекс признаков (включая качество зерна) осуществляется в России интуитивно-практическим путём, при использовании, в лучшем случае, биохимических показателей – общее содержание каротиноидов и/или содержание белка. В этой связи в условиях ФАНЦ Юго-Востока в селекционной работе на качество зерна главным показателем является желтизна ядра (включая оценку большого объёма индивидуальных отборов из гибридных популяций), определяемая нами по цветовой 5-балльной шкале. Дело не только в том, что потребитель истари ценил ярко-жёлтое пшено: каротиноидные пигменты играют весьма важную роль (хотя и далеко не всегда заметную) в сложных адаптационных реакциях растений. Мы убеждены, что сравнительно высокая адаптированность сортов проса селекции ФАНЦ Юго-Востока к различным почвенно-климатическим условиям в значительной мере обусловлена многолетней и целенаправленной селекцией на повышение содержания каротиноидов в их зерне [4]. Однако при этом приходится учитывать варьирующую корреляционную связь желтизна ядра – содержание каротиноидов, зависящую не только от генотипических особенностей исследуемых сортов (только краснозёрные, только жёлтозёрные, одновременно обе группы), но и от условий вегетации растений в конкретные годы. В представленном материале (табл.2) наиболее тесная корреляция желтизна ядра – каротиноиды выявлена в 2024 г.: в группе краснозёрных $r = 0,90$, среди жёлтозёрных $r = 0,95$, в группе сортов с разной окраской цветковых плёнок корреляция слабее (в 2023 г. $r = 0,52$, в 2024 г. $r = 0,86$).

Содержание каротиноидных пигментов и белка. Тенденция совместного наследования важных биохимических показателей-конкурентов в сортах проса разного времени селекции остаётся, с нашей точки зрения, прежней – проявляется отрицательная корреляция (табл. 2). В 2023 г. она составила: в группе краснозёрных сортов $r = - 0,61$, среди жёлтозёрных $r = - 0,15$ и общая $r = - 0,18$. В 2024 г. конкурентные отношения каротиноидов и белка сложились острее: общая $r = - 0,70$; в группе краснозёрных и жёлтозёрных, соответственно, $r = - 0,82$ и $r = - 0,68$. Сорта с одновременным и стабильно высоким содержанием каротиноидов и белка пока нами не выявлены. В генотипах селекции ФАНЦ Юго-Востока приоритетный признак – высокое содержание каротиноидов, которые имеют массу известных (и пока еще неизвестных) физиологически важных особенностей, включая участие в повышении стрессоустойчивости. В конечном итоге ценность созданных сортов должны определять потребители.

Устойчивость к меланозу. Даже в неблагоприятные для данной болезни годы исследований сорта проса проявляли дифференцированные реакции: от полной устойчивости (в 2024 г. у Саратовского жёлтого и Кулундинского при массе 1000 зёрен 8,6 г. и 8,4 г. меланозные ядра отсутствовали) до слабо-среднего поражения (Харьковское 65-4,6% меланозных ядер, включая 1,6% сильноиспорченных, при массе 1000 зёрен 7,7 г.). Полученные нами результаты подтверждает прогресс в селекции проса на совмещение крупнозёрности и устойчивости к меланозу не только в ФАНЦ Юго-Востока, но и в других НИУ России. Полигенно наследуемый признак двойного значения (селекция на иммунитет и на качество зерна) в результате целенаправленной работы усиливается, что особенно заметно при сравнении старых и новых сортов, обладающих крупным и/или очень крупным зерном (табл. 2).

**Характеристика сортов проса посевного по показателям качества зерна
(средние за 2023-2024 гг.).**

Сорта	Масса 1000 зёрен, г	Желтизна ядра, балл *	Стекло-видность ядра, балл	Содержание каротиноидов, мг/кг	Содержание белка, %	Поражение меланозом, % **
Краснозёрные сорта						
Саратовское 10 (ст.)	8,5	4,0	4,0	13,2	8,8	1,3 (0,5)
Саратовское 8	8,2	3,5	3,5	12,5	8,8	0,6 (0,0)
Саратовское 12	9,2	4,0	4,0	14,3	9,2	0,6 (0,0)
Саратовское 15	8,9	5,0	5,0	14,0	9,2	0,5 (0,1)
Россиянка	9,6	3,5	3,0	13,1	9,6	0,9 (0,3)
Поволжское 80	9,6	3,5	3,0	13,0	9,5	1,4 (0,3)
Данила	8,3	3,0	2,5	12,7	9,0	0,4 (0,1)
Спутник	7,8	3,5	3,0	10,9	10,7	0,7 (0,1)
Регент	6,6	3,5	3,5	12,8	8,4	0,4 (0,4)
Кулундинское	8,4	4,0	4,0	13,1	9,0	0,0 (0,0)
Алтайское золотистое	7,9	3,5	3,5	10,5	9,0	2,2 (0,4)
Жёлтозёрные сорта						
Золотистое (ст.)	8,6	4,0	3,8	13,5	8,6	0,5 (0,2)
Саратовское жёлтое	8,6	4,3	4,3	13,9	9,4	0,6 (0,1)
Сардар	8,8	4,0	4,0	13,6	8,6	0,4 (0,0)
Сарбин	8,6	4,0	4,0	13,1	9,1	0,5 (0,2)
Камышинское 98	8,4	2,5	2,5	10,6	9,5	1,2 (0,3)
Харьковское 65	7,8	2,0	1,7	10,4	8,4	3,4 (1,1)
Харьковское 57	7,0	3,0	3,0	10,9	9,3	0,5 (0,1)
Мироновское 51	8,0	3,0	2,5	10,9	10,0	0,6 (0,2)
Атлет	8,0	3,5	3,3	11,7	8,4	1,1 (0,2)
Казачье	8,5	3,5	3,3	11,9	8,9	1,9 (0,4)
Аполлон	6,8	1,5	1,0	9,1	12,9	1,6 (0,4)
НСР _{0,5}	1,1	0,2	0,2	1,6	1,4	0,6 (0,3)

Примечания: жирным шрифтом выделены сорта-стандарты и максимальные значения признаков зерна; * – желтизна ядра определяется по 5-балльной «цветовой» шкале: 1 балл – окраска ядра «белесая»; 2 – бледно-жёлтая; 3 – светло-жёлтая; 4 – жёлтая и 5 баллов – интенсивно-жёлтая (в т.ч. «янтарная», «густо-жёлтая» и другие оттенки, указывающие на высокое содержание каротиноидов); ** – первая цифра – указано суммарное содержание слабо-, средне- и сильноиспорченных ядер; в скобках - доля сильноиспорченных ядер.

Соотношение ядра и плёнок. В видовом генофонде проса посевного имеются генотипы с существенно варьирующим признаком плёнчатость – от легкообрушиваемых (почти голозёрных, с долей плёнок 5-10% и менее и, соответственно, ядра до 90-95% и более) до грубоплёчатых (толстоплёчатых, с долей ядра не более 75-80%). Среди изученных нами сортов проса преобладают среднеплёчатые генотипы ($\leq 20\%$) с долей плёнок 15,2...18,9%. К низкоплёчатым ($\leq 15\%$) относится, прежде всего, Алтайское золотистое с бледно-красноватой окраской цветковых плёнок (зерна) (разновидность сорта «victoriae (Sir.)» описана у В.Н. Лысова (1968 г.) как зерно кремовое с красным бочком; у И.В. Яшовского (1987 г.) – как белое или кремовое с красным пятном. У сортов Данила, Спутник, Харьковское 65 показатели плёнчатости – минимально средние (табл. 3.) Однако показатель плёнчатость – тоже из числа экологически зависимых: в отдельные годы у

конкретных сортов он заметно варьирует при сравнении с типичными данными – либо снижается, либо возрастает (на 1-3%). В результате среднеплёчатые сорта нередко характеризуются как высокоплёчатые, поскольку признак возрастает до 21-23% и более [5].

Практические результаты использования новых низкоплёчатых (белозёрных) сортов (Альба, Альбинос и др.) авторам данной статьи пока не известны.

Таблица 3

Технологические показатели зерна исследованных сортов проса

Сорт проса	Доля ядра,* %	Плёнчатость, %	Сорт проса	Доля ядра,* %	Плёнчатость, %
Краснозёрные сорта			Жёлтозёрные сорта		
Саратовское 10 (ст.)	82,9	17,1	Золотистое (ст.)	83,3	16,7
Саратовское 8	81,3	18,7	Саратовское жёлтое	82,8	17,2
Саратовское 12	83,5	16,5	Сардар	82,0	18,0
Саратовское 15	81,3	18,7	Сарбин	81,8	18,2
Россиянка	81,3	18,7	Камышинское 98	82,3	17,7
Поволжское 80	83,2	16,8	Харьковское 65	86,0	14,0
Данила	85,3	14,7	Харьковское 57	81,3	18,7
Спутник	85,8	14,2	Мироновское 51	84,0	16,0
Регент	81,1	18,9	Атлет	84,1	15,9
Кулундинское	84,0	16,0	Казачье	82,7	17,3
Алтайское золотистое	90,3	9,7	Аполлон	84,8	15,2
НСР _{0,5}	3,3	1,3		3,3	1,3

Примечание: * – зерно после удаления цветковых плёнок, без шлифовки.

Заключение

Изложенные выше результаты оценки наиболее важных признаков качества зерна проса в одинаковых условия отчётливо показывают существенные сортовые различия, что важно учитывать и использовать не только в дальнейших селекционно- генетических мероприятиях, но и при выборе сортов для выращивания продукции конкретного назначения – получение ценной крупы, на зернофураж и др. Для производства крупы в условиях нестабильных и сильно сократившихся посевных площадей под просом наиболее ценными, по нашим данным, являются, прежде всего, высококаротиноидные краснозёрные сорта типа Саратовского 10 и его сородичей, обладающих оптимальным сочетанием крупности зерна, его желтизны, стекловидности, минимумом поражения меланозом и отсутствием тёмной точки (т. е. отсутствием пигментации плацентного пятна, ухудшающего органолептические свойства крупы, каши и других блюд). Современные жёлтозёрные сорта проса (типа Саратовского жёлтого) по качественным показателям не уступают краснозёрным, за исключением в некоторых случаях желтизны крупы и каши. Создание новых сортов проса с одновременно высоким содержанием каротиноидов, белка и других биохимических компонентов – проблема ближайшего будущего селекции проса.

Считаем уместным напомнить, что в конце 20 века универсальный сорт проса Саратовское 8 возделывался не только на зерно, но и при наличии орошения – для получения зелёного корма и сена. В начале 21 века подобная практика использования новых сортов проса авторам статьи не известна.

Литература

1. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию (официальное издание). // – М., – 2024. – С. 37-38.
2. Тихонов Н.П., Тихонова Т.В. Эколого-генетические аспекты и результаты селекции проса посевного на крупнозёрность. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 1 (41). – С. 82-89. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-82-89

3. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Содержание желтых пигментов в зерне твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.): биосинтез, генетический контроль, маркерная селекция. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – 24 (5). – С. 501-511.
4. Тихонов Н.П., Михайлов М.А. Селекционно-генетические аспекты содержания каротиноидов в зерне проса посевного. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016, – № 1 (21). – С. 68-74.
5. Тихонов Н.П., Тихонова Т.В., Милкин А.А. Селекционно-технологическое исследование плёнчатости зерна у проса посевного. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 4 (32). – С. 27-31. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11127

References

1. The State Register of varieties and hybrids of agricultural plants approved for use (official publication). Moscow, 2024, pp. 37-38.
2. Tikhonov N.P., Tikhonova T.V. Ecological and genetic aspects and results of seed millet breeding for coarse grain. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, No. 1 (41), pp. 82-89.
3. Malchikov P.N., Myasnikova M.G. The content of yellow pigments in durum wheat grain (*Triticum durum* Desf.): biosynthesis, genetic control, marker breeding. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*. 2020; 24 (5):501-511.
4. Tikhonov N.P., Mikhailov M.A. Breeding and genetic aspects of carotenoid content in millet grain. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, No. 1, pp. 68-74.
5. Tikhonov N.P., Tikhonova T.V., Milkin A.A. Breeding and technological research of grain filmness in seed millet. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, No. 4 (32), pp. 27-31.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА У СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Т.Г. ГОЛОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0003-5844-4614

И.Н. ЧВИЛЕВА, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0006-8034-0970

Н.И. ЮРЬЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0002-4874-1233

ФГБНУ ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА

Аннотация. Цель изучения – дать более полную морфологическую характеристику сортов, проследить накопление азота в растениях и зерне по фазам развития и выявить силу и направленность взаимосвязей между изученными показателями. Установлено, что величина урожайности коррелировала с площадью флагового листа ($r = 0,79$), длиной нижнего междоузлия ($0,68$), количеством сформированных колосков в колосе ($r = 0,71$). Выяснено, что показатель длины второго нижнего междоузлия сильно реагировал на ухудшение условий среды снижением значений на 37,5-47,3%. Отмечены достоверные положительные коэффициенты корреляции этого показателя с урожайностью, количеством колосков в колосе ($r = 0,65$), площадью флагового листа ($r = 0,77$) и содержанием азота в растениях в фазы кущения и трубкования ($r = 0,64 - 0,67$). Обнаружено, что показатель второго снизу междоузлия оказался максимально информативным и сильно зависящим от условий вегетации. Выяснено, что площадь флагового листа тесно взаимосвязана с урожайностью, длиной нижнего междоузлия и содержанием азота в растениях в фазы кущения и трубкования. Длина предфлагового листа проявляет более сильную взаимосвязь с длиной колоса и элементами продуктивности колоса: $r = 0,71 - 0,84$. Содержание азота в фазу кущения положительно коррелировало с длиной нижнего междоузлия и площадью флагового листа ($r = 0,64$), что прямым образом влияло на содержание белка в зерне полной спелости ($r = 0,66$). Очевидна взаимосвязь довольно стабильных по годам показателей содержания азота в растениях на период кущения и в зерне молочной спелости у сортов мягкой пшеницы, что необходимо использовать в селекционной практике.

Ключевые слова: сорт, метеоусловия, урожайность, элементы продуктивности, содержание азота, корреляция.

Для цитирования: Голова Т.Г., Чвилева И.Н., Юрьева Н.И. Особенности формирования элементов продуктивности и качества у сортов яровой пшеницы. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):65-74. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-65-74

FEATURES OF THE FORMATION OF ELEMENTS OF PRODUCTIVITY AND QUALITY IN VARIETIES OF SPRING WHEAT

T.G. Golova, I.N. Chvileva, N.I. Yurieva

FSBSI V.V. DOKUCHAEV VORONEZH FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER

Abstract: The purpose of the study was to give a more complete morphological characteristic of varieties, to trace the accumulation of nitrogen in plants and grains by development phases and to identify the strength and direction of the relationship between the studied indicators. It was established that the productivity correlated with the area of the flag leaf ($r = 0.79$ ***), the length of the lower internodes, (0.68 **), the number of spikelets formed in the ear ($r = 0.71$ **). It was found that an indicator of the length of the second lower internodes greatly reacted to the

*deterioration of environmental conditions by a decrease in values by 37.5 - 47.3%. Reliable positive correlation coefficients of this indicator with productivity, the number of spikelets in the spike ($r = 0.65^{**}$), the flamer area ($r = 0.77^{**}$) and the nitrogen content in Plants in the phases of the nationwide and tube ($r = 0.64^{**}$ - 0.67^{**}). It was found that the indicator of the second from below the internodes was as informative and greatly dependent on the conditions of the growing season. It was found that the area of the flag leaf is closely interconnected with the productivity, the length of the lower internodes and the nitrogen content in plants in the phases of the enforcement and tube. The length of the preflag leaf shows a stronger relationship with the length of the spike and the elements of the productivity of the ear: $r = 0.71^{**}$ - 0.84^{***} . The nitrogen content in the suppression phase positively correlated with the length of the lower internodes and the area of the flag leaf ($r = 0.64^{**}$), which in direct effect on the protein content in the grain of complete ripeness ($r = 0.66^{**}$). The relationship of the nitrogen content of nitrogen in plants for the period for the period and in the grain of dairy spells in the varieties of soft wheat is obvious, which must be used in breeding practice.*

Keywords: variety, weather conditions, productivity, productivity elements, nitrogen content, correlation.

Введение

Основными факторами, дестабилизирующими производство яровой пшеницы в ЦЧР, являются засухи в начальный период роста и развития, ростингибирующие температуры в периоды роста и налива зерна, а также наиболее распространенные в регионе болезни и вредители. По мнению Жученко А.А. (1990), на современном этапе развития земледелия важнейшей задачей науки является мобилизация адаптивного потенциала растений.

Известно, что адаптация растений к меняющимся условиям среды достигается за счет модификационной и генотипической изменчивости. С помощью модификационной изменчивости растения приспосабливаются к тем условиям среды, которые складываются в процессе их индивидуального развития. Адаптивная реакция отражает реакцию биологической системы на изменение внешней среды посредством цепи морфологических эффектов, заканчивающихся формированием конкретного признака растений (В.А. Драгавцев и др., 1984). Пока растение находится в фазе роста, оно обладает различными компенсационными возможностями для преодоления вреда, нанесенного стрессовыми внешними факторами [1].

Урожайность сорта определяется, прежде, всего параметрами агроценоза, обусловленными взаимодействием растений в посеве с агроклиматическими факторами условий вегетации растений. Оптимизация параметров агроценоза яровой пшеницы для сильно варьирующих условий по годам является сложной многофакторной задачей (В.А. Кумаков, 1995). Основное требование современного этапа селекции яровой пшеницы многие исследователи видят в сочетании хорошей засухоустойчивости с высокой потенциальной продуктивностью [2, 3, 4].

Большое значение в повышении урожайности и улучшении качества продукции имеет возделывание новых сортов, вклад которых в повышение урожайности оценивается в 30 и более процентов. Сорт является основой производства любой растениеводческой продукции. Очень четко реакция разных сортов: интенсивных и засухоустойчивых, на засуху проявляется в азотном балансе растений в период от цветения до созревания (В.А. Кумаков, 1995). У устойчивых к засухе сортов механизмы адаптации выражены лучше, что позволяет им после колошения сохранять более высокий уровень фотосинтеза, лучшую способность к усвоению азота почвы. Накопление белка в зерне идет в основном за счет реутилизируемого азота отмирающих вегетативных органов, и этот азот используется полностью. У сортов не устойчивых к засухе в засушливые годы наблюдается отрицательный баланс азота за период от цветения до созревания.

Цель изучения – дать более полную характеристику районированных сортов яровой пшеницы мягких и твердых форм, проследить накопление азота в растениях и зерне по фазам развития и выявить силу и направленность взаимосвязей между изученными показателями.

Условия, материал и методы

Погодные условия Центрально-Черноземной зоны позволяют выращивать высококачественное зерно яровой мягкой и твердой пшеницы. Гидротермические условия юго-востока Воронежской области характеризуются непредсказуемостью проявления тех или иных стрессовых факторов. Негативное влияние в определенные периоды вегетации могут оказывать: недостаток влаги, высокие дневные температуры, сухость воздуха и другие факторы.

Исследования проводились в 2020-2023 гг. на базе Воронежского ФАНЦ. Изучались районированные в Воронежской области сорта пшеницы: яровой мягкой – Воронежская 18, Черноземноуральская 2 и твердой – Воронежская 13, Донская элегия. Опыты проводились в 4-х кратной повторности, учетная площадь делянки 20 м². Почва селекционного севооборота представлена черноземом типичным среднemocным среднегумусным. Содержание гумуса – 6,4-6,8%, реакция почвенной среды нейтральная: рН_{KCl} – 6,5-6,8, гидролитическая кислотность Нг= 1,2-1,5 ммоль экв/100г. Показатели содержания общих форм азота – 0,31%, фосфора – 0,118% и калия – 1,73%. Агротехника в опытах соответствовала действующим рекомендациям по возделыванию яровой пшеницы в Воронежской области

Метеорологические условия проведения опытов за периоды вегетации 2020-2023 годов были разнообразными, характеризовались засушливыми периодами с аномально высокими температурами в разные фазы вегетации. Условия избыточного увлажнения с отклонением от средних многолетних значений отмечались в первой половине вегетации 2021 года, проявились явлением полегания в фазе молочной спелости и последующими ростингибирующими температурами при наливе зерна. Предпосевное переувлажнение почвы в 2023 году негативно отразилось на сроках посева, холодные дни майской вегетации в 2022 году не позволили сформировать высокую продуктивность. В целом в 2020 и 2021 годах температурный режим был повышен на 6,2 и 10,9% по сравнению со среднемноголетними значениями, особенно сильно во второй половине вегетации. Среднедекадные температуры в 2022 и 2023 годах были близки к многолетним значениям, однако более теплым, чем обычно был апрель. Метеоданные по количеству осадков за годы изучения сильно варьировали: 2020 год сложился оптимально, со значениями близкими к средним многолетним, в 2021 году избыточное увлажнение (127,3%) отмечалось до колошения, в 2022 году – после колошения (152,5%), в 2023 году первая половина вегетации была острозасушливой (30,9% к среднемноголетним значениям).

Таким образом, метеоусловия вегетационных периодов пшеницы за 2020-2023 годы объективным образом характеризуют спектр разнообразия погодных условий центральной части Воронежской области. Математическая обработка данных проводилась по методикам Доспехова Б.А. (1985 г) и Пакудина В.З. (Пакудин и Лопатина, 1984). Определение нитратного азота в почве проведено сульфифеноловым методом со спектрофотометрическим окончанием, содержание общего азота (% к сухому веществу) в листьях и зерне определялось методом биохимических исследований по Кьельдалю ГОСТ 34789-2021.

Результаты исследований

Изучены хозяйственно-морфологические показатели в условиях центральной части Воронежской области у районированных сортов мягкой (Воронежская 18, Черноземноуральская 2) и твердой (Воронежская 13, Донская элегия) пшеницы. В условиях резко континентального климата Воронежской области подтверждает факт формирования более высокой урожайности у мягких форм на 2,4 - 4,5 ц/га, однако менее крупного зерна на 3,5 г, по сравнению с твердыми сортами (таблица 1). В условиях 2022 года прохладная погода до колошения и обильные осадки сразу после колошения позволили растениям сорта Донская элегия сильнее раскуститься и сформировать значительно более крупное зерно, его урожайность превысила мягкие сорта на 2,3 - 4,5 ц/га, при коэффициенте пластичности $b_1 = 1,03$. Незначительное превышение урожайности в среднем за годы изучения отмечено у сорта Черноземноуральская 2, показатель пластичности был выше, чем у других сортов – $b_1 = 1,13$. Однако в неблагоприятных условиях снижение урожайности у него было

максимальным – на 40,2%. Более стабильно по годам формировалась продуктивность у сорта местной селекции Воронежская 18 ($b_1 = 1,0$), снижение ее урожайности было на уровне 31,7% (табл. 1). Наиболее низкую урожайность за годы изучения сформировал сорт Воронежская 13 ($b_1 = 0,73$), который также обладал пониженной высотой растений, коротким колосом – 5,17 см и низкими значениями элементов продуктивности колоса: количество колосков и зерен в колосе, масса зерна с колоса. По количеству продуктивных стеблей и растений, сохранившихся к уборке, районированные сорта значительно не отличались, исключением был более низкий показатель числа растений к уборке у сорта Донская элегия и повышенный продуктивный стеблестой у местного сорта Черноземноуральская 2.

Проведенный корреляционный анализ между изученными хозяйственными, морфологическими и биохимическими признаками, в связи с погодными условиями в периоды вегетации, позволил сделать однозначные выводы о высоком положительном влиянии осадков до колошения на площадь флагового листа: при коэффициенте корреляции $r = 0,70^{**}$ и содержание азота в зерне в полной спелости: $r = 0,72^{**}$ (здесь и далее: * - достоверно на уровне 0,05, ** - 0,01, *** - 0,001). Наличие осадков после колошения в основном отрицательно влияло на изученные признаки, коэффициент корреляции этого показателя с урожайностью составили $r = -0,59^*$. Повышение среднедекадных температур в первой половине вегетации способствовало лучшей выживаемости растений в полевых условиях, коэффициент корреляции достигал уровня $r = 0,71^{**}$. Также это положительно сказалось на росте урожайности ($r = 0,83^{***}$) и густоте продуктивного стеблестоя ($r = 0,59^{**}$), способствовало более интенсивному накоплению азота в растениях в фазы трубкования и колошения - $r = 0,74^{**}$, $0,76^{**}$, в зерне полной спелости ($r = 0,80^{***}$). Отрицательная реакция сортов на повышение температурного фактора после колошения выявлена по показателям длины верхнего междоузлия ($r = -0,51^*$) и массы 1000 зерен ($r = -0,63^{**}$).

По высоте растений выделился продуктивный сорт твердой пшеницы Донская элегия – 94,1 см. Также у него отмечены: самое длинное верхнее междоузлие – 49,0 см, высокие значения массы 1000 зерен – 40,5 г и массы зерна с колоса – 1,03 г. Другие сорта по длине колосоносного междоузлия различались незначительно: от 37,7 до 41,1 см. Длина второго нижнего междоузлия по сортам различалась также не столько существенно, однако, этот показатель сильно реагировал на ухудшение условий среды снижением значений на 37,5-47,3%. Отмечены достоверные положительные коэффициенты корреляции (табл. 1) этого показателя с урожайностью ($r = 0,68^{**}$), количеством колосков в колосе ($r = 0,65^{**}$), площадью флагового листа ($r = 0,77^{**}$) и содержанием азота в растениях в фазы кущения и трубкования ($r = 0,64^{**}$ - $0,67^{**}$). Таким образом, показатель второго снизу междоузлия оказался максимально информативным и сильно зависящим от условий вегетации.

Размеры флагового и предфлагового листьев у изученных сортов позволяют отметить, что самая большая площадь флага у сорта Воронежская 18 ($14,3 \text{ см}^2$) соответствовала наиболее длинному колосу с высокими элементами продуктивности (табл. 2). Размеры предфлагового листа у твердых сортов Воронежская 13 и Донская элегия значительно меньше, чем у сортов мягкой пшеницы – на 1,6-2,3 см^2 . Отмечена высокая реакция сортов на неблагоприятные метеоусловия снижением размеров листьев: флагового – на 37,9-60,4%, предфлагового – на 31,7-54,5%. Исходя из опыта, площадь флагового листа тесно взаимосвязана с урожайностью ($r = 0,79^{***}$), длиной нижнего междоузлия ($r = 0,77^{**}$) и содержанием азота в растениях в фазы кущения и трубкования ($r = 0,64^{**}$ - $0,67^{**}$), но проявляет отрицательную взаимосвязь с массой 1000 зерен ($r = -0,68^{**}$). Длина предфлагового листа проявляет более сильную взаимосвязь с длиной колоса и элементами продуктивности колоса: $r = 0,71^{**}$ - $0,84^{***}$.

Исходя из полученных статистических данных хозяйственных и морфологических показателей было рассчитано их снижение (%) в неблагоприятных по увлажненности условиях по сравнению с оптимальными. Как видим на графике (рис. 1), максимально, более чем на 30% изменялись значения показателей: урожайность, длина второго снизу междоузлия, количество колосков и зерен в колосе. У сортов Черноземноуральская 2 и

Воронежская 18 также в стрессовых условиях сильно снижалась густота продуктивного стеблестоя. У сорта Донская элегия количество колосков и зерен в колосе было менее подвержено воздействию стрессового фактора, снижение произошло на 23,4-24,0%. Такие показатели как высота растений, длина колосоносного междоузлия (Воронежская 18 и Донская элегия) и масса 1000 зерен снижают значения менее чем на 15%, проявляя большую толерантность к стрессовому фактору. Следует отметить, что у сорта Воронежская 18 при средних значениях продуктивной кустистости 1,17 шт на растение, высока его стабильность по годам: снижение в засушливых условиях менее 10%.

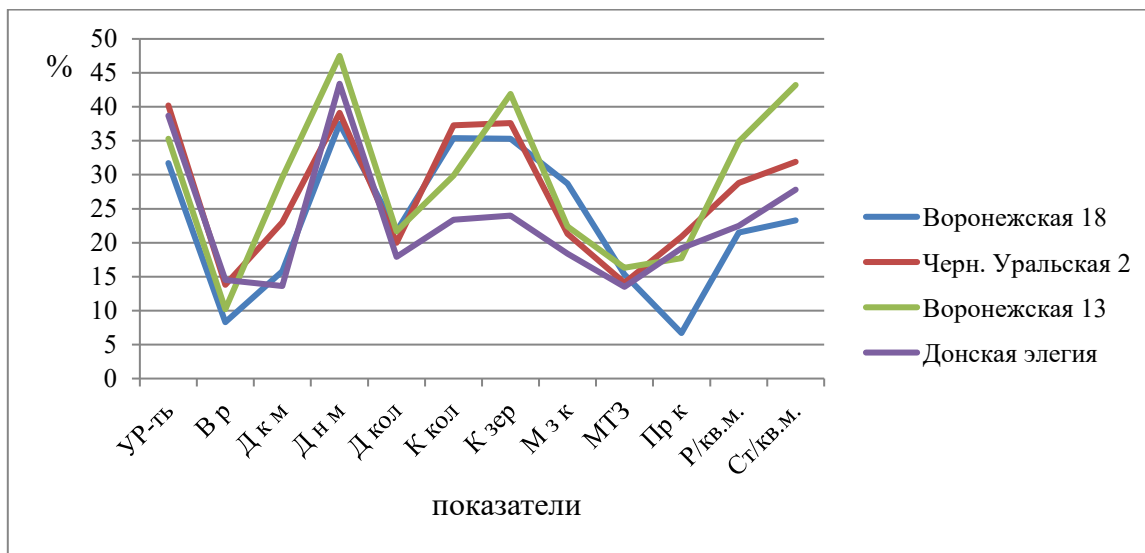


Рис. 1. Снижение хозяйственных и морфологических показателей у сортов пшеницы в неблагоприятных условиях возделывания

Примечание: Ур-ть – урожайность, Вр – высота растений, Д к м – длина колосоносного междоузлия, Д н м – длина второго снизу междоузлия, Д кол – длина колоса, К кол – количество колосков в колосе, К зер – количество зерен в колосе, М з к – масса зерна с колоса, МТЗ – масса 1000 зерен, Пр к – продуктивная кустистость, Р/кв.м. – кол-во растений на м², Ст/кв.м. – кол-во продуктивных стеблей на м².

В таблицах 1 и 2 представлены коэффициенты корреляции изученных признаков с показателем урожайности сортов и рассчитаны вклады каждого признака в общую изменчивость в данном опыте. Максимально величина урожайности коррелировала с площадью флагового листа ($r = 0,79^{***}$), длиной нижнего междоузлия, ($0,68^{**}$), количеством сформированных колосков в колосе ($r = 0,71^{**}$), в средней степени – с количеством зерен в колосе ($r = 0,46^*$) и продуктивным стеблестоем ($r = 0,51^*$). Вполне понятно, что данные показателя урожайности, как конечного и обобщающего все процессы за период вегетации, более других вовлечены в общую изменчивость в опыте. Значение суммарного положительного эффекта отдельного показателя, рассчитанного сложением всех коэффициентов корреляции с другими признаками, составило 9,58, отрицательный эффект – 2,40. Также высокие положительные эффекты отмечены по признакам длины нижнего междоузлия – 8,17, площади флага – 9,78, количества сформированных колосков в колосе – 8,33. Ниже положительные эффекты (5,28-6,30) выявлены у признаков: высота растений, длина колоса, количество зерен в нем, площадь предфлагового листа и продуктивный стеблестой. Наиболее высокие отрицательные эффекты отмечены по показателям: длина колосоносного междоузлия и масса 1000 зерен. Однако интерпретировать полученные данные считаем некорректным, т.к. мягкие и твердые сорта пшеницы, включенные в опыт, по указанным признакам отличаются более всего.

Наряду с морфологическими показателями было изучено накопление азота в растениях и зерне по фазам онтогенеза: кущение, трубкование, колошение, этапы спелости зерна. Содержание азота в растительном материале по фазам развития позволяет отметить достоверное превышение показателя в фазу кущения у сорта твердой пшеницы Донская элегия – 3,57% к абсолютно сухому веществу, и более низкое значение у сорта Черноземноуральская 2 – 3,14%. С фазы трубкования твердые сорта начинали более интенсивно использовать азот из растений, снижая его количество по сравнению с фазой кущения на 43,1-44,0%, у мягких сортов это происходило менее интенсивно – на 27,4-37,4%. В дальнейшем в фазах колошения и молочной спелости происходило постепенное снижение содержания азота в растениях на 34,0-39,6% к значениям предыдущей фазы. Исключение составили значения у раннеспелого сорта Донская элегия, уже в молочной спелости реутилизация азота из растения была более высокой – 49,3%. К восковой спелости потребление азота из растений увеличилось у мягких форм на 46,2-52,4%, у твердых – на 57,5-60,2%, т.е. отток азота из растений происходил более интенсивно. Как результат, в молочной и восковой спелости содержание азота в зерне у твердых сортов было достоверно больше – 2,09 - 2,28%, чем у мягких – 1,73-1,97%. Однако, в полной спелости зерна показатели содержания азота в зерне у мягких и твердых сортов выравнивались, различия были в пределах ошибки (НСР₀₅ – 0,11).

В фазу кущения сорта проявляют максимальную стабильность азота в растениях по годам, не превышающую 25%. Однозначно более высокая реакция на неблагоприятные условия по содержанию азота выявлена у растений всех сортов в фазы трубкования – на 43,5-50,9% и восковой спелости - на 48,1-56,9% (рис. 2). По показателю содержания азота в зерне молочной спелости сорта мягкой пшеницы Воронежская 18 и Черноземноуральская 2 проявляют высокую стабильность по годам, изменения составляют 7,7-9,7%. Сорта твердой пшеницы: Воронежская 13 и Донская элегия, более чутко реагируют на изменение условий – на 29,8-37,4%, снижая показатель содержания азота в зерне молочной спелости в неблагоприятных условиях. Очевидна взаимосвязь довольно стабильных по годам показателей содержания азота в растениях на период кущения и в зерне молочной спелости у сортов мягкой пшеницы, что необходимо использовать в селекционной практике.



Рис. 2. Снижение биохимических показателей у сортов пшеницы в стрессовых условиях возделывания

Примечание: Пл.фл. – площадь флагового листа, Пл.2-го – площадь второго снизу листа, содержание азота: Аз.куц – в кущение, Аз.труб. - в трубкование, Аз. колош. – в колошение, Аз.мол.сп. – в молочную спелость, Аз.воск.сп. - в восковую спелость, Аз.мол.з. – в зерне молочной спелости, Аз.воск.з. – в зерне восковой спелости, Аз.полн.з. – в зерне полной спелости.

В таблице 2 представлены коэффициенты корреляции статистических данных по содержанию азота в растениях и в зерне по фазам развития в связи с показателем урожайности сортов и рассчитаны вклады каждого признака в общую изменчивость опыта. Максимально высокий коэффициент корреляции отмечен между урожайностью зерна и содержанием азота в растениях в фазу трубкования - $r = 0,87^{***}$, менее тесная связь с азотом в растениях в фазу кущения и содержанием азота в зерне в полную спелость ($r = 0,51^* - 0,57^{**}$). Содержание азота в фазу кущения положительно коррелировало с длиной нижнего междоузлия и площадью флагового листа ($r = 0,64^{**}$), что прямым образом влияло на содержание белка в зерне полной спелости ($r = 0,66^{**}$). Содержание азота в фазу трубкования более тесно связано с конечной урожайностью, длиной нижнего междоузлия и площадью флагового листа. Поэтому наиболее высокий вклад в общую изменчивость наблюдался у показателей содержания азота в растениях в фазу трубкования – 9,40, т.е. в наиболее интенсивный период роста и потребления азота из почвы, меньше в фазы кущения и колошения – 6,67 и 7,73. Также отмечен высокий вклад показателя содержания азота (белка) в зерне в фазу полной его спелости- 8,11, как результирующего показателя эффективности накопления белковых веществ в растении.

Заключение

Проведенный корреляционный анализ между изученными хозяйственными, морфологическими и биохимическими признаками, в связи с погодными условиями в периоды вегетации, позволил сделать однозначные выводы о высоком положительном влиянии осадков до колошения на площадь флагового листа ($r = 0,70^{**}$) и содержание азота в зерне в полной спелости ($r = 0,72^{**}$). Наличие осадков после колошения в основном отрицательно влияло на изученные признаки. Отрицательная реакция сортов на повышение температурного фактора после колошения выявлена по показателям длины верхнего междоузлия ($r = -0,51^*$) и массы 1000 зерен ($r = -0,63^{**}$).

Максимально величина урожайности коррелировала с площадью флагового листа ($r = 0,79^{***}$), длиной второго нижнего междоузлия, ($0,68^{**}$), количеством сформированных колосков в колосе ($r = 0,71^{**}$).

Показатель длины второго нижнего междоузлия сильно реагировал на засушливые условия среды снижением значений на 37,5-47,3%. Отмечены достоверные положительные коэффициенты корреляции этого показателя с урожайностью ($r = 0,68^{**}$), количеством колосков в колосе ($r = 0,65^{**}$), площадью флагового листа ($r = 0,77^{**}$) и содержанием азота в растениях в фазы кущения и трубкования ($r = 0,64^{**} - 0,67^{**}$). Таким образом, показатель второго снизу междоузлия оказался максимально информативным и сильно зависящим от условий вегетации.

Площадь флагового листа тесно взаимосвязана с урожайностью ($r = 0,79^{***}$), длиной нижнего междоузлия ($r = 0,77^{**}$) и содержанием азота в растениях в фазы кущения и трубкования ($r = 0,64^{**} - 0,67^{**}$). Длина предфлагового листа проявляет более сильную взаимосвязь с длиной колоса и элементами продуктивности колоса: $r = 0,71^{**} - 0,84^{***}$).

Содержание азота у растений в фазу кущения положительно коррелировало с длиной нижнего междоузлия и площадью флагового листа ($r = 0,64^{**}$), что прямым образом влияло на содержание белка в зерне полной спелости ($r = 0,66^{**}$).

С фазы трубкования твердые сорта начинали более интенсивно использовать азот из растений, в молочной и восковой спелости азота в зерне у твердых сортов было достоверно больше – 2,09-2,28%, чем у мягких – 1,73-1,97%. Очевидна взаимосвязь довольно стабильных по годам показателей содержания азота в растениях на период кущения и в зерне молочной спелости у сортов мягкой пшеницы, что необходимо использовать в селекционной практике.

Хозяйственно-морфологическая характеристика районированных сортов яровой пшеницы и коэффициенты корреляции с урожайностью (среднее 2020-2023 гг.).

Сорт, показатель	Урожайность, ц/га	Высота раст., см	Длина междоузлий, см		Длина колоса, см	Кол-во в колосе, шт.		Масса зерна, г		Масса 1000 зерен, г	Прод. куст., шт/р	
			верхнего	нижнего		колосков	зерен	с колоса	1000 шт		растений	прод. стебл.
Воронежская 18												
среднее	24,5	82,0	41,1	6,42	7,67	12,8	24,8	0,82	34,3	1,17	378,0	445,0
% снижения	31,7	8,3	15,8	37,5	21,7	35,4	35,3	28,7	15,3	6,7	21,5	23,3
Черноз.уральская 2												
среднее	25,7	84,0	37,7	5,22	7,32	12,2	21,8	0,79	36,4	1,23	387,0	479,2
% снижения	40,2	13,8	23,0	39,1	20,0	37,3	37,6	21,3	14,1	20,9	28,8	31,9
Воронежская 13												
среднее	21,7	76,9	39,7	6,22	5,17	11,0	20,0	0,80	39,5	1,15	386,2	448,5
% снижения	35,3	10,2	29,6	47,5	21,7	29,9	41,9	22,4	16,3	17,7	34,9	43,2
Донская элегия												
среднее	24,1	94,1	49,0	6,35	6,15	12,0	24,5	1,03	40,5	1,23	359,2	444,8
% снижения	38,7	14,5	13,6	43,4	17,9	23,4	24,0	18,4	13,5	19,2	22,5	27,8
НСР ₀₅	2,49	4,13	3,15	0,75	0,70	1,12	2,51	0,09	1,96	0,05	28,3	39,8
Парные коэффициенты корреляции с урожайностью и общий вклад в изменчивость												
Коэффициент (r)		0,22	-0,45*	0,68**	0,36*	0,71**	0,46*	0,20	-0,64**	0,39*	0,35*	0,51**
Сумма +эффектов	9,58	5,28	3,12	8,17	5,97	8,33	6,30	3,95	2,60	4,13	5,09	5,94
Сумма - эффектов	2,40	0,56	5,16	2,45	2,34	2,79	2,87	2,53	8,07	1,70	3,02	2,55

Примечание: % *снижения* – изменение значения признака в неблагоприятных условиях вегетации в процентах к оптимальным условиям, * – значение достоверно на уровне 0,05, ** – 0,01, *** – 0,001).

Морфо-биохимическая характеристика районированных сортов яровой пшеницы и коэффициенты корреляции с урожайностью (2020-2023 гг.)

Сорт, показатели	Площадь листа, см ²		Содержание азота в растениях по фазам, % к абсолютно сухому веществу					Содержание азота в зерне по фазам, % к абс. сух. в-ву		
	флагового	предфлагового	кущение	трубкование	колошение	Молочная спелость	Восковая спелость	молочная	восковая	полная
Воронежская 18										
среднее	14,3	11,0	3,42	2,14	1,41	0,93	0,50	1,75	1,93	2,31
% снижения	60,4	51,9	20,0	50,9	30,2	44,4	57,0	9,72	17,4	25,1
% изменения				-37,4	-34,1	-34,0	-46,2		+10,3	+19,7
Черноз.уральская 2										
среднее	12,2	11,1	3,14	2,28	1,39	0,84	0,40	1,73	1,97	2,21
% снижения	56,4	54,5	12,8	48,0	38,5	18,9	48,1	7,73	20,8	20,9
% изменения				-27,4	-39,0	-39,6	-52,4		+13,9	+9,6
Воронежская 13										
среднее	11,6	9,5	3,41	1,91	1,25	0,78	0,31	2,09	2,26	2,29
% снижения	37,9	31,7	20,2	47,1	52,2	54,3	55,1	29,8	27,0	9,8
% изменения				-44,0	-34,6	-37,6	-60,2		+8,1	+1,32
Донская элегия										
среднее	12,4	8,8	3,57	2,03	1,44	0,73	0,31	2,12	2,28	2,24
% снижения	56,1	51,9	25,0	43,5	39,8	37,9	56,9	37,4	26,6	15,7
% изменения				-43,1	-29,1	-49,3	-57,5		+7,5	-1,8
НСР ₀₅	2,33	1,78	0,19	0,30	0,15	0,21	0,08	0,16	0,15	0,11
Парные коэффициенты корреляции с урожайностью и общий вклад в изменчивость										
Коэффициент (r)	0,79***	0,51**	0,51**	0,87***	0,42*	-0,16	-0,15	-0,41*	0,03	0,57**
Сумма + эффектов	9,78	6,00	7,73	9,40	6,67	2,38	2,52	2,98	3,93	8,11
Сумма - эффектов	2,54	2,88	1,48	2,33	1,69	3,98	4,10	3,89	2,43	1,40

Примечание: % **снижения** – изменение значения признака в неблагоприятных условиях вегетации в процентах к оптимальным условиям, % **изменения** к значениям предыдущей фазы, * – значение достоверно на уровне 0,05, ** – 0,01, *** – 0,001).

Литература

1. Коробейников Н.И. Корреляционный анализ признаков продуктивности яровой мягкой пшеницы и его использование в практической селекции. // Повышение эффективности селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур. Новосибирск. – 2002. – С. 62-72.
2. Головоченко А.П. Особенности адаптивной селекции яровой мягкой пшеницы в лесостепной зоне Среднего Поволжья.- Кинель, – 2001. – 380 с.
3. Малокостова Е.И., Пивоварова И.Ю., Попова А.В. Результаты и перспективы селекции яровой пшеницы в ЦЧЗ. // Докучаевское наследие и развитие научного земледелия в России. – Каменная Степь. – 2017. – С. 283-287.
4. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Урожайность селекционных линий яровой твердой пшеницы, созданных в селекционных центрах России, в условиях Самарского НИИСХ. //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024; – 4(52). – С. 128-138. DOI:10.24412/2309-348X-2024-4-128-138

References

1. Korobejnikov N.I. Povy'shenie e'ffektivnosti selekcii i semenovodstva sel'skoxozyajstvenny'x kul'tur. [Correlation analysis of signs of productivity of spring soft wheat and its use in practical breeding. Improving the efficiency of breeding and seed production of agricultural crops]. Novosibirsk, 2002, pp. 62-72. (In Russian)
2. Golovochenko A.P. Osobennosti adaptivnoj selekcii yarovoj myagkoj pshenicy v lesostepnoj zone Srednengo Povolzh`ya. [Features of the adaptive breeding of spring soft wheat in the forest-steppe zone of the Middle Volga region]. Kinel, 2001, 380 p. (In Russian)
3. Malokostova E.I., Pivovarova I.Yu., Popova A.V. Rezul'taty` i perspektivy` selekcii yarovoj pshenicy v CzChZ. Dokuchaevskoe nasledie i razvitie nauchnogo zemledeliya v Rossii. [The results and prospects of selection of spring wheat in the Central Black Earth Zone. Dokuchaevsky heritage and the development of scientific agriculture in Russia]. Kamennaya Step, 2017, pp. 283-287. (In Russian)
4. Mal`chikov P.N., Myasnikova M.G. Urozhajnost` selekcionny'x linij yarovoj tverdoj pshenicy, sozdanny'x v selekcionny'x centrax Rossii, v usloviyax Samarskogo NIISX. [The yield of the selection lines of fierce solid wheat created in the breeding centers of Russia, in the conditions of the Samara NIISH]. *Zernobobovy'e i krupyany'e kul'tury`*, 2024, no. 4 (52), pp. 128-138. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-128-138/ (In Russian)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЛИНИЙ ГОЛОЗЕРНОЙ ПОЛБЫ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ НА ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЁМЕ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ, ПО УРОЖАЙНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

М.А. КУЗЬМИЧ, доктор сельскохозяйственных наук, m-kuzmich@yandex.ru

Н.Б. САЛЬНИКОВА*, старший научный сотрудник, nat.salnicova243@yandex.ru

Л.С. КУЗЬМИЧ, кандидат биологических наук

Е.В. СОБОЛЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук

О.П. КОНДРАТЬЕВА, старший научный сотрудник

Я.Е. ВИЛЬХОВОЙ, младший научный сотрудник

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»

*ТУЛЬСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

Аннотация. Изучены динамика урожайности и технологические характеристики коллекции из 11 линий голозерной полбы *Triticum dicoccum*. Для внедрения в производство рекомендованы две линии, превосходящие сорт пленчатой полбы Руно по урожайности, стабильности и адаптивности. В среднем за 6 лет их урожайность составила около 3,5 т/га. Установлено, что зерно полбы содержало в среднем не менее 13,5% белка и 25% клейковины, что соответствует требованиям к хлебопекарному зерну. Клейковина полбяной муки обладала низкой растяжимостью, отношение P/L было близким к верхнему пределу оптимума для хлебопекарной муки или превышала его. Удельная работа деформации теста (W) была ниже, чем у муки хлебопекарной, полученной из мягкой пшеницы с аналогичными параметрами. Полбяной хлеб, выпеченный по методике, принятой в сортоиспытании, имел небольшой объем (до 400 см³), неравномерную пористость мякиша, однако отличался сильным запахом и приятным вкусом. Каша из полбы была рассыпчатой, имела четко выраженный золотисто-кремовый оттенок, тогда как пшеничная каша обладала более коричневым цветом. Для приготовления полбяной каши требовалось больше воды и времени, чем для крупы из мягкой пшеницы. Содержание клетчатки в полбяной крупе было выше, чем в пшеничной в 1,3-1,5 раза.

Ключевые слова: полба, твердая и мягкая пшеница, крупяные свойства, реологические свойства теста, хлебопекарная оценка муки.

Для цитирования: Кузьмич М.А., Сальникова Н.Б., Кузьмич Л.С., Соболева Е.В., Кондратьева О.П., Вильховой Я.Е. Сравнительная оценка линий голозерной полбы (*Triticum dicoccum*), выращиваемой на выщелоченном чернозёме Тульской области, по урожайности и технологическим свойствам. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):75-83. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-75-83

COMPARATIVE EVALUATION OF LINES OF NAKED GRAIN EMMER GROWN ON LEACHED CHERNOZEM OF TULA REGION ON YIELD AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES

**M.A. Kuz'mich, N.B. Sal'nikova*, L.S. Kuz'mich, E.V. Soboleva, O.P. Kondrat'eva,
Ya.E. Vil'khovoi**

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

* TULA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE — BRANCH OF FSBSI FRC
«NEMCHINOVKA»

Abstract: *Yield dynamics and technological characteristics of a collection of 11 lines of naked grain emmer (*Triticum dicoccum*) were studied. Two lines superior to the filmy emmer variety Runo in yield, stability and adaptability are recommended for introduction into production. Their 6-year average yield was about 3.5 t/ha. It was found that emmer grain contained on average at least 13.5% protein and 25% gluten, which meets the requirements for baking grain. The gluten of emmer flour had low tensile strength, the P/L ratio was close to or exceeded the upper limit of the optimum for baking flour. The specific work of dough deformation (*W*) was lower than that of baking flour obtained from soft wheat with similar parameters. Emmer bread, baked according to the method adopted in the variety trial, had a small volume (up to 400 cm³), uneven porosity of the crumb, but was distinguished by a strong smell and pleasant taste. The emmer porridge was crumbly and had a distinct golden-cream color, whereas the wheat porridge had a more brown color. Emmer porridge required more water and time to cook than soft wheat cereal. Fiber content in emmer groats was higher than in wheat groats by 1.3-1.5 times.*

Keywords: emmer, durum wheat, soft wheat, cereal properties, rheological properties of dough, baking evaluation of flour.

Введение

Возрождение полбы в нашей стране, которое мы наблюдаем в последнее время, обусловлено, прежде всего, её высокими потребительскими свойствами. Сторонники здорового питания обращают внимание на повышенное содержание пищевых волокон, органолептические и гипоаллергенные свойства продуктов из полбяного зерна [1]. Несмотря на незначительные объемы производства полбы, она уже вполне успешно завоевывает зарубежные рынки. Однако возделывание полбы сложнее, чем других злаков. Наличие пленок на зерновке требует дополнительного шелушения, без которого переработка зерна и его посев обычными сеялками практически невозможны. Поэтому одним из направлений селекционного процесса является создание голозерных форм полбы.

Цель исследований – изучить продуктивность, устойчивость к патогенам и технологические свойства 12 линий голозерной полбы, созданных в ВИР.

Материал и методы исследований

Все линии полбы различного эколого-географического происхождения представлены ботанической формой (*Triticum dicoccum*), т. е. принадлежат к твердой пшенице. Полевые эксперименты проводили в Тульском НИИСХ филиале ФИЦ «Немчиновка» на выщелоченном черноземе. Под предпосевную культивацию ежегодно вносили по 34,5 кг/га азота в форме аммиачной селитры. Качество зерна, муки и крупы исследовали в лаборатории технологии и биохимии зерна ФИЦ «Немчиновка». Белок и крахмал определяли с помощью И.К. анализатора Spectra Star 2400 (2017-2019 гг.) и Spectra Star 2600ХТ (2020-2024 гг.), количество сырой клейковины – вручную. Реологические свойства теста определяли на Миксолабе (функция фаринограф) и Альвеолабе. Помол зерна провели на автоматической лабораторной мельнице МСКА фирмы Бюллер по методике ВНИИЗ [2]. Хлеб 100 г муки выпекали по методике, принятой в сортоиспытании. Подробнее условия проведения экспериментов, а также часть промежуточных результатов опубликованы в более ранних работах [3, 4]. В данной статье обобщены материалы за весь период исследований.

Результаты и их обсуждение

За 6 лет эксперимента, средняя урожайность в пересчете на гектар составила 3,16 т (табл. 1). Так как эти данные получены в мелкоделяночном опыте с применением ограниченного количества удобрений, для яровой культуры такие результаты являются приемлемыми.

В среднем, по РФ за последние 10 лет с гектара собирают не более 21 ц. Как правило, урожайность твердых пшениц, которые выращиваются в более южных регионах с пониженным количеством выпадающих осадков, уступает мягким пшеницам. Поэтому образцы нашей коллекции вполне конкурентоспособны с допущенными к возделыванию сортами яровой пшеницы. Пленчатый сорт полбы Руно, выбранный в качестве стандарта, превосходил среднюю урожайность по опыту во все годы наблюдений. Две линии 31-1-2/13

и 32/17 (пор. № 6 и 12) за этот период показали результат практически на уровне стандарта. В годы с менее благоприятными условиями для возделывания (2018 и 2020 гг.), они превосходили стандарт.

Таблица 1

Урожайность полбы, 2017-2022 гг., т/га

№ п/п	Сорт, линия	Годы						В среднем
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	
1	Руно, st	-	1,38	3,55	1,42	5,62	5,10	3,41
2	42-43-46/15	2,63	1,39	3,36	1,22	3,58	3,60	2,63
3	34-13	2,08	1,38	4,46	2,76	4,10	4,10	3,14
4	39-15	3,43	1,60	4,31	2,13	4,53	4,05	3,34
5	49-15	3,15	1,56	4,43	1,74	3,94	4,35	3,19
6	31-1-2/13	3,72	1,78	4,97	2,06	4,03	4,15	3,45
7	37-14	3,02	1,50	3,33	2,35	3,52	3,97	2,94
8	29-36/15	3,85	1,20	4,24	2,45	3,74	4,27	3,29
9	20-25/15	3,78	1,37	3,14	2,74	4,66	3,55	3,20
10	4-1/15	-	1,81	3,55	1,36	4,02	3,92	2,93
11	27-1/17	-	1,78	3,36	1,81	3,68	4,00	2,92
12	32/17	-	2,12	3,33	2,49	5,43	4,32	3,53
В среднем		3,21	1,57	3,84	2,04	4,24	4,12	3,16
НСР ₀₅		0,19	0,15	0,03	0,27	0,71	0,68	

Оценку адаптивности и стабильности исследуемых линий по размерам полученных урожайных данных рассчитывали по методике, предложенной А.В. Кильчевским и Л.В. Хотылевой (1997), Данные представлены в таблице 2. Средняя урожайность по сорту позволяет в целом оценить исследуемую популяцию генотипов. При урожайности стандарта 3,41 т/га две отобранные линии превосходили его.

Таблица 2

Параметры адаптивной способности и стабильности линий полбы

№ п/п	Сорт, линия	Средняя урожайность, т/га	Эффект сорта (OAC _i), т/га	Стабильность гено-типа, σ _{SLi} , т/га	От. стабильн. гено-типа, % к ср. по сорту	Коеф. регрессии	Коеф. компенсации генотипа	Селекционная ценность генотипа
1	Руно	3,41	0,25	1,99	58,29	1,5	2,52	3,02
2	42-43-46/15	2,63	-0,54	1,09	41,31	0,96	0,94	2,42
3	34-13	3,15	-0,02	1,26	40,07	0,96	1,26	2,90
4	39-15	3,34	0,18	1,21	36,31	1,08	1,17	3,10
5	49-15	3,20	0,03	1,28	40,10	1,11	1,30	2,94
6	31-1-2/13	3,45	0,29	1,26	36,49	1,05	1,26	3,20
7	37-14	2,95	-0,22	0,89	30,25	0,77	0,63	2,77
8	29-36/15	3,29	0,13	1,22	37,09	1,01	1,18	3,05
9	20-25/15	3,21	0,04	1,11	34,60	0,85	0,98	2,99
10	4/1/15	2,93	-0,23	1,25	42,71	0,95	1,00	2,69
11	27-1/17	2,93	-0,24	1,06	36,12	0,81	0,71	2,72
12	32/17	3,54	0,37	1,35	38,30	0,95	1,17	3,27
Среднее		3,16						

Адаптивная способность (ОАС) генотипа при оценке урожайности показывает прибавку относительно общей средней по популяции. Прибавка у стандарта положительная, следовательно в исследуемой популяции больше линий с меньшей урожайностью, чем у стандарта. По характеристикам экологической стабильности прибавки только двух линий - № 6 и № 12 (0,29 т/га и 0,37 т/га соответственно при 0,25 т/га у стандарта), достоверно превосходят стандарт.

Специфическая адаптивная способность (SAC_i) характеризует отзыв генотипа на условия среды относительно других условий в опыте. По определению сумма SAC_i по исследуемым средам для генотипа равна нулю, поэтому он оценивается по вариации SAC_i (дисперсия или среднее (стандартное) отклонение для SAC_i), характеризуя его стабильность. По сути, относительная стабильность генотипа по своему содержанию аналог классического коэффициента вариации. Линии № 6 и № 12 значительно превышают стандарт по стабильности (вариация 36,5% и 38,3% соответственно по сравнению с 58,3%).

Стабильность генотипов можно оценить и по коэффициенту регрессии. При значении коэффициента более 1 генотип обладает повышенной чувствительностью к изменениям среды (стабильность ниже средней); если близко к 1, то генотип средне стабилен. Для линий № 6 и № 12 коэффициент регрессии близок к 1 (1,05 и 0,95 соответственно), что указывает на среднюю стабильность данных генотипов, однако это существенно выше, чем у стандарта (1,5).

Стабильность генотипа значительно объясняется коэффициентом его компенсации. Эффект взаимодействия генотипа со средой может усиливать влияние среды, или нивелировать (компенсировать) его. У вариантов № 6 и № 12 компенсирующий эффект значительнее, чем у стандарта, примерно в два раза – 1,3 и 1,2 соответственно против 2,5.

Для одновременной оценки по величине и по стабильности урожайности разработан показатель селекционной ценности генотипа (СЦГ). Чем больше значение показателя, тем выше селекционная ценность генотипа с суммарной точки зрения величины урожая и его вариации. По данному показателю генотипы № 6 и № 12 превосходят стандарт (3,20 и 3,27 соответственно против 3,02) и в целом показывают лучшие результаты по исследуемой популяции генотипов. Отмеченные образцы превосходят стандарт как по величине, так и по стабильности урожая, что дает основание рекомендовать их к внедрению в производство.

В производственных условиях, когда прогнозировать возможные изменения среды с высокой вероятностью практически невозможно, целесообразно возделывать несколько сортов с разной стабильностью. Это позволяет уменьшить колебания в сборах зерна. Одна группа всегда даст меньшую, но стабильную урожайность, даже при неблагоприятных условиях возделывания. При благоприятных условиях, другая группа может значительно увеличить сбор зерна.

Важным показателем качества любой продовольственной культуры является массовая доля протеинов. Главными факторами, регулирующими накопление белка в зерне, являются: особенности сорта, уровень питания растений, в первую очередь азотного и погодные условия. Лидером по этому показателю является стандарт – сорт Руно. В среднем по коллекции за 6 лет, массовая доля белка в зерне, в пересчёте на абсолютно сухое вещество, составила 13,6%, что соответствует 2 классу (табл. 3). Зерно с таким уровнем белка относится к улучшителям и может использоваться для подмеса с менее качественному зерну, например 4 класса. Наибольшие колебания в содержании белка отмечены по годам. Когда урожайность снижалась из-за неблагоприятных погодных условий, массовая доля протеина в зерне повышалась. Как правило, такая ситуация складывается, когда уровень азотного питания невысокий и снижение урожайности улучшает обеспеченность растений азотом, что и формирует зерно с повышенным содержанием протеина.

Таблица 3

Массовая доля белка в зерне, (асв, %)

№ п/п	Сорт, линия	2018	2019	2020	2021	2022	В сред.
1	Руно, st	-	15,6	16,4	15,3	-	15,8
2	42-43-46/15	16,0	12,1	12,8	11,7	15,4	13,6
3	34-13	16,1	12,1	10,9	10,8	15,0	13,0
4	39-15	16,4	12,2	11,2	10,6	15,7	13,2
5	49-15	16,8	13,0	11,7	11,5	15,0	13,6
6	31-1-2/13	16,2	12,5	12,1	11,9	15,6	13,7
7	37-14	15,4	11,8	13,1	11,8	13,7	13,2
8	29-36/15	15,3	12,3	13,1	11,7	15,0	13,5
9	20-25/15	15,7	13,5	14,3	11,6	16,0	14,2
10	4-1/15	-	12,7	9,5	10,5	15,5	12,1
11	27-1/17	-	12,9	11,7	11,9	15,3	13,0
12	32/17	-	15,4	14,3	12,5	13,2	13,9
В среднем		16,0	13,0	12,6	15,3	15,0	13,6

В агроклиматических условиях Тульской области на естественном инфекционном фоне все исследуемые линии полбы слабо поражались болезнями. В 2020 г. интенсивность поражения бурой ржавчиной проявилась на низком и среднем уровне (табл. 4).

Таблица 4

Интенсивность поражения растений бурой ржавчиной в 2020 г.

№ п/п	Сорт, линия	Поражение бурой ржавчиной в 2020 г	
		в %	пораж., баллы
1	Руно, st		
2	42-43-46/15	25-30	3
3	34-13	30-40	4
4	39-15	65	5
5	49-15	25	3
6	31-1-2/13	10-15	2
7	37-14	35-40	4
8	29-36/15	40	4
9	20-25/15	25-30	3
10	4-1/15	65	5
11	27-1/17	25	3
12	32/17	25-30	3
В среднем		40	4

У голозерных линий 39-15, 29-36/15, 4-1/15 и 27-1/17 степень поражения была на уровне стандарта пленчатой полбы Руно. Из оставшихся линий четыре образца имели интенсивность поражения на 1 балл больше. Бурой пятнистостью меньше других была поражена линия 49-15. Мучнистой росы обнаружено не было. По этим результатам можно утверждать, что селекция на голозерность полбы сопровождается небольшим снижением иммунитета растений к указанным патогенам. Однако в целом, интенсивность поражения полбы была незначительной.

В таблице 5 представлены данные по массовой доле клейковины в зерне.

Таблица 5

Массовая доля клейковины в зерне (в %)

№ п/п	Сорт, линия	2018	2019	2020	2021	2022	В среднем
1	Руно, st	-	24,6	32,9	27,6	27,6	28,2
2	42-43-46/15	32,4	20,0	23,0	25,3	25,3	25,2
3	34-13	32,6	20,7	20,9	27,3	27,3	25,8
4	39-15	33,7	25,2	20,4	26,5	26,5	26,5
5	49-15	36,1	25,2	21,8	27,8	27,8	27,7
6	31-1-2/13	39,6	21,4	23,9	25,1	25,1	27,0
7	37-14	33,7	19,2	23,5	28,4	28,4	26,6
8	29-36/15	31,9	21,2	23,8	29,3	29,3	27,1
9	20-25/15	34,8	23,1	23,3	28,5	28,5	27,6
10	4-1/15	-	27,5	19,5	28,0	28,0	25,8
11	27-1/17	-	26,3	22,9	20,7	20,7	22,7
12	32/17	-	24,6	23,9	27,6	-	25,4
В среднем		34,4	23,2	32,9	25,3	26,8	26,3

Чем выше урожайность зерна, тем ниже в нем содержание клейковины. Её количество в зерне, как в среднем по опыту, так и по отобраным двум линиям превышает 25%. По этому показателю зерно соответствует 3 классу (среднему по силе или ценному по качеству), что на класс ниже, чем по содержанию белка. Такое зерно пригодно для получения качественной муки высшего сорта и выпечки соответствующего хлеба, однако улучшать зерно 4 класса оно не может. Отношение клейковины к белку в зерне значительно меняется как по годам исследований, так по линиям (табл. 6).

В среднем по опыту количество клейковины практически в 2 раза превышало количество белка. В годы с благоприятными погодными условиями это отношение возрастало до 2,5-2,7 единиц, а при неблагоприятных условиях – снижалось до 1,4-1,6 единиц. Такие же результаты в среднем мы получаем при оценке качества зерна яровой пшеницы, выращиваемой в Московской области. Однако здесь размах колебаний отношения клейковина/белок был уже, в сравнении с Тульской областью и не превышал 1,8-2,2 единицы. Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что большая стабильность показателя белка свидетельствует и о его меньшей информативности при оценке качества зерна в сравнении с клейковиной.

Таблица 6

Отношение содержания клейковины/белок в зерне

№ п/п	Сорт, линия	2018	2019	2020	2021	2022	В среднем
1	Руно, st	-	1,58	2,01	1,80	1,64	1,78
2	42-43-46/15	2,03	1,65	1,80	2,16	1,82	1,85
3	34-13	2,02	1,71	1,92	2,53	1,69	1,98
4	39-15	2,05	2,07	1,82	2,50	1,85	2,01
5	49-15	2,15	1,94	1,86	2,42	1,61	2,04
6	31-1-2/13	2,44	1,71	1,98	2,11	2,07	1,97
7	37-14	2,19	1,63	1,79	2,41	1,95	2,02
8	29-36/15	2,08	1,72	1,82	2,50	1,78	2,01
9	20-25/15	2,22	1,71	1,63	2,46	1,81	1,94
10	4-1/15	-	2,17	2,05	2,67	1,35	2,13
11	27-1/17	-	2,04	1,96	1,74	-	1,91
12	32/17	-	1,60	1,67	2,21	-	1,83
В среднем		2,14	1,79	1,86	2,29	1,76	1,96

Для формирования клейковины требуются более высокие температуры, чем для синтеза белка. Если нет соответствующих условий для синтеза клейковинных белков, то и количество клейковины и её качество будет ниже. По этой причине, в условиях Западной Сибири, Алтая и Южного Урала, где зерно созревает в условиях высоких температур и низкой влажности формируется, как правило, не только большое количество клейковины, но и её высокое качество. Очевидно, что для оценки потенциала сортов по накоплению белка и клейковины необходимы дальнейшие исследования с возрастающими дозами азотного удобрения.

Твердозёрность является одним из главных показателям качества зерна как твердых, так и мягких пшениц. Она зависит от многих условий, таких как влагообеспеченность, температурный режим и т.д. Однако решающим признаком является наследование сортовых особенностей. Все линии полбы нашей коллекции имели пик твердости более 700 единиц на приборе Брабендера, что соответствует параметрам твердых пшениц. Оценка параметров твердозёрности по индексу размера частиц муки, составили 24,9-25,8 мкм, дает основание отнести все линии полбы также к твердозёрным. Зерно с такими параметрами требует особого режима отволаживания при помоле. Эти результаты важны тем, что дают понимание того, что происходит с твердой пшеницей, выращенной в средней полосе России.

Производство муки из твердых пшениц в нашей стране из собственного зерна не обеспечивает полной потребности макаронной промышленности. Часть макарон производится с добавлением мягкой хлебопекарной муки. Поэтому мука из твердой пшеницы не используется в значимых объемах в хлебопечении. Однако имеется немало публикаций с использованием для этих целей полбяной муки [5, 6].

Реологические характеристики теста изучали на фаринографе, миксолабе и альвеолабе (табл. 7). По содержанию клейковины все образцы муки попадают в группу улучшителей, однако её качество низкое. Индекс деформации клейковины (ИДК) большинства образцов превышал 90 единиц шкалы, что соответствует филлеру по классификации хлебопекарного зерна мягких пшениц. Аналогичные результаты получены и по показателю энергии деформации ($W, 10^{-4} \text{ J}$). Показатель формы кривой, Р/Л, выражаемый в мм/вод. столба, у половины образцов находится у границ верхнего предела, а у другой половины – превышает его. Эти результаты свидетельствуют о низкой эластичности клейковины, что характерно для твердых пшениц. Поэтому она слабо подходит для выпечки стандартного формового хлеба. Водопоглотительная способность муки (ВПС) соответствовала ценной по качеству муке. В целом, полученные образцы муки мало пригодны в чистом виде для производства стандартного формового хлеба. Эти результаты важны тем, что дают понимание о качестве зерна твердой пшеницы, выращенной в средней полосе России.

Таблица 7

Реологические свойства теста исследуемых линий полбы.

№ Обр.	Твердозёрность, мкм	Клейковина, %	ИДК, ед. шкалы	Седиментация, мл	Альвеограф		Фаринограф		Стандартная выпечка		
					P	W е.а.	ВПС, %	Разжижение, е.ф.	Объёмный выход формового хлеба, см ³	Подовой	
										P/L	Внешний вид, балл
2	25,8	30,8	90	3,6	107/2,06	191	60,6	171	389	4,0	0,62
3	25,0	31,5	95	3,4	87/1,71	131	61,4	201	371	3,0	0,52
5	24,7	31,8	100	3,2	92/1,59	149	63,9	202	341	3,0	0,56
7	25,2	32,2	90	3,4	98/2,00	163	58,9	162	372	3,3	0,68
8	24,9	34,2	87	4,0	123/2,46	221	61,1	187	405	3,5	0,63
10	24,7	34,6	96	3,0	76/1,67	107	61,1	240	390	2,8	0,49

Хлеб выпекали по методике, принятой в сортоиспытании, с использованием дрожжей безопарным методом из 100 г муки. На рисунке представлено фото хлеба из образца зерна № 8. Объем выпечки хлеба у этого образца составил 405 см³, что соответствует требованиям к хлебопекарной муке высшего сорта. Объем хлеба у остальных образцов этот барьер не преодолел. Корка была без крупных трещин и подрывов. Следует отметить низкую пористость мякиша и её неравномерность, а также слабую эластичность. В целом, хлеб, выпеченный из полбяной муки, не соответствовал требованиям, предъявляемым к хлебным изделиям, получаемым из хлебопекарной муки с мягких пшениц. Учитывая высокие потребительские свойства изделий из полбяной муки: вкус, аромат, повышенное содержание пищевых волокон, низкий гликемический индекс, она может использоваться для выпечки смесовых хлебов с другими видами муки - мягкой пшеницы, тритикале, овса и ячменя. Для внедрения изделий из полбяной муки в широкое производство, необходима разработка рецептуры и нормативных требований к ним.



Рис. Фото хлебной выпечки из муки образца №8

Исследование крупяных свойств полбы потребовало коррекции методики. Время приготовления каши увеличили до 2,5 часов, количество используемой воды повысили до 50 мл на 10 г крупы. Коэффициент разваримости составил 5,9-6,3. В этой связи, целесообразно расширить исследования с этой культурой для приготовления изделий, типа хлопьев, направленных на сокращение времени приготовления. Консистенция приготовленных каш из всех линий голозерной полбы обладала высокой рассыпчатостью, что характерно для твердой пшеницы. Как правило, это свойство коррелирует с низким гликемическим индексом, что позволяет рекомендовать полбяную кашу для людей с нарушениями углеводного обмена. Цвет готовой каши из полбы имел четко выраженный золотисто-коричневый оттенок, тогда как у пшеничной крупы преобладал коричневый цвет.

Заключение

На основании анализа урожайных данных отобраны 2 образца голозерной полбы обладающие высокой адаптивностью и стабильностью для внедрения в производство. Реологические свойства теста из полбяной муки и ей хлебопекарные свойства уступают муке из мягкой пшеницы, однако обладают приятным вкусом и сильным хлебным ароматом, напоминающий ореховый. Каша из полбяной крупы готовится значительно дольше, чем из мягкой пшеницы.

Результаты исследований, а также высокие потребительские свойства, дают основание рекомендовать полбяную муку для выпечки хлеба по авторским рецептурам, где объем выпеченного хлеба не регламентируется. Кроме того, она может использоваться в качестве улучшителя для повышения содержания белка в хлебе, а также улучшения потребительских свойств: вкус, запах, содержание пищевых волокон.

Литература

1. Зверев С.В., Панкратьева И.А., Политуха О.В., Чиркова Л.В., Витол И.С., Стариченков А.А. Исследование свойств полбы. // Хлебопродукты. – 2016. – №1. – С.66-67.
2. Хмелева Е.В., Кандроков Р.Х., Королев Д.Н., Пенькова Ю.В. Хлебопекарные свойства полбяной муки. // Хлебопродукты. – 2018. – № 11. – С. 44-47
3. Кузьмич М.А., Кузьмич Л.С., Соболева Е.В., Гончаренко М.С., Сальникова Н.Б., Хлопюк М.С. Продуктивность, технологические и хлебопекарные показатели качества зерна голозерной полбы (*Triticum dicoccum*) на выщелоченном черноземе Тульской области. // Аграрная наука и развитие отраслей сельского хозяйства региона. Сб. научных трудов // Калужский НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. Лорха». – 2020. – С. 144-149.
4. Кузьмич М.А., Сальникова Н.Б., Кузьмич Л.С., Гончаренко М.С., Кондратьева О.П., Яшина Н.А., Соболева Е.В.. Урожайность, технологические и крупяные свойства голозерной полбы (*Triticum dicoccum*) в условиях Тульской области. //Аграрная Россия. – 2021. – № 8. – С. 32-36
5. Санжаровская Н.С. Хлебопекарные свойства композитных смесей муки из зерна пшеницы и полбы. // Новые технологии. – 2018. – №3. – С. 60-65.
6. Крюкова Е.В. Исследование химического состава полбяной муки. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2014. - № 2. - С. 75-81

References

1. Zverev S. V., Pankrat'eva I. A., Politukha O. V., Chirkova L. V., Vitol I. S., Starichenkov A. A. Research into the properties of emmer. *Khleboprodukty*, 2016, no.1, pp.66-67.
2. Khmeleva E.V., Kandrov R.Kh., Korolev D.N., Pen'kova Yu.V. Baking properties of emmer flour. *Khleboprodukty*, 2018, no. 11, pp. 44-47
3. Kuz'mich M.A., Kuz'mich L.S., Soboleva E.V., Goncharenko M.S., Sal'nikova N.B., Khlopyuk M.S. Productivity, technological and baking indicators of grain quality of naked grain emmer (*Triticum dicoccum*) on leached chernozem of the Tula region / Agricultural science and development of agricultural sectors of the region. Coll. sci. Works. Kaluga: Kaluga Research Institute of Agriculture - branch of FSBSI " Lorkh FRC of Potatoes", 2020, pp. 144-149.
4. Kuz'mich M.A., Sal'nikova N.B., Kuz'mich L.S., Goncharenko M.S., Kondrat'eva O.P., Yashina N.A., Soboleva E.V. Productivity, technological and cereal properties of naked grain emmer (*Triticum dicoccum*) in the conditions of the Tula region. *Agrarnaya Rossiya*, 2021, no.8, pp. 32-36
5. Sanzharovskaya N.S. Baking properties of composite mixtures of wheat and emmer flour. *Novye tekhnologii*. 2018, no.3, pp. 60-65
6. Kryukova E.V. Study of the chemical composition of emmer flour. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta*. Series: Food and Biotechnologies, 2014, no.2, pp. 75-81

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУЛЬТУР В ЗЕРНОПАРОВОМ СЕВООБОРОТЕ

В.А. ВОРОНЦОВ, кандидат сельскохозяйственных наук <https://orcid.org/0000-0001-8549-1301>. E-mail: vik100347@gmail.com,

Ю.П. СКОРОЧКИН, кандидат сельскохозяйственных наук <https://orcid.org/0000-0002-1717-5638>. E-mail: yskorochkin@mail.ru

ТАМБОВСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ ИМ. И.В. МИЧУРИНА»

***Аннотация.** Цель исследований – изучение влияния способов обработки почвы и средств химизации на урожайность культур, продуктивность и экономическую эффективность зернопарового севооборота. Работу выполняли в условиях северо-востока Центрального Черноземья, в многолетнем стационарном полевом опыте на чернозёме типичном с содержанием гумуса 6,8-7,0%. Изучали системы основной обработки почвы в зернопаровом севообороте: традиционная отвальная разноглубинная – контроль, бессенная поверхностная (дискование на 10-12 см), бессенная безотвальная разноглубинная, комбинированные (отвально-безотвальная и отвально-поверхностная), а также различные варианты химизации ($N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{10}P_0K_0$ кг д.в. азофоски на 1 га пашни); протравливание семян – фон, фон + пестициды по вегетации культур севооборота. Использование бессенной поверхностной и безотвальной систем обработки приводило к снижению урожайности озимой пшеницы на 0,28 и 0,15 т/га, ячменя на 0,11 и 0,28 т/га. Комбинированная отвально-поверхностная система обработки обеспечила урожайность этих культур на уровне с традиционной отвальной разноглубинной системой (контроль), пшеницы озимой – 5,69 т/га, ячменя – 2,91 т/га при показателе на контроле – 5,72 и 2,93 т/га. Способы обработки почвы существенно не влияли на урожайность сои – различия между вариантами находились в пределах ошибки опыта. Наибольшую продуктивность севооборота, независимо от фона основной обработки обеспечивало комплексное применение средств защиты и удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$. Использование этого приёма повышало выход зерновых единиц с одного га севооборотной площади на 0,40-0,43 тыс. т/га по сравнению с уровнем минерального питания $N_{10}P_0K_0$. С повышением уровня химизации затраты возрастали, что опережало увеличение продуктивности севооборота. В результате окупаемость затрат с улучшением агрофона снижалась на 17,4-21,3% в зависимости от фона обработки почвы.*

Ключевые слова: способы обработки почвы, уровень химизации, севооборот, урожайность культур, продуктивность, окупаемость затрат.

Для цитирования: Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Эффективность систем основной обработки почвы и средств химизации при возделывании культур в зернопаровом севообороте. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):84-92. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-84-92

THE EFFECTIVENESS OF BASIC TILLAGE SYSTEMS AND CHEMICALS IN THE CULTIVATION OF CROPS IN THE GRAIN AND FALLOW CROP ROTATION

V.A. Vorontsov, Y.P. Skorochkin

TAMBOV RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURAL SCIENCES – BRANCH OF THE I.V. MICHURIN FEDERAL STATE BUDGETARY SCIENTIFIC RESEARCH CENTER

Abstract: *The purpose of the research is to study the influence of tillage methods and chemical agents on crop yields, productivity and economic efficiency of grain and fallow crop rotation. The work was performed in the conditions of the north-east of the Central Chernozem region, in a long-term stationary field experiment on typical chernozem with a humus content of 6.8-7.0%. The systems of basic tillage in the grain-and-fallow crop rotation were studied: traditional multi-depth dump control, permanent surface (10-12 cm disketing), permanent multi-depth dumpless, combined (dump-free and dump-surface), as well as various chemical treatment options ($N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{10}P_0K_0$ kg of active ingredient of azofoska per 1 ha of arable land); seed pickling – background, background + pesticides for the vegetation of crop rotation crops. The use of permanent surface and non-fallow processing systems led to a decrease in the yield of winter wheat by 0.28 and 0.15 t/ha, barley by 0.11 and 0.28 t/ha. The combined dump-surface treatment system ensured the yield of these crops at the same level as the traditional multi-depth dump system (control), winter wheat - 5.69 t/ha, barley – 2.91 t/ha with the indicator on the control – 5.72 and 2.93 t/ha. The methods of tillage did not significantly affect the yield of soybeans - the differences between the variants were within the experimental error. The highest productivity of crop rotation, regardless of the background of the main treatment, was ensured by the integrated use of protective equipment and fertilizers $N_{60}P_{60}K_{60}$. The use of this technique increased the yield of grain units per hectare of crop rotation area by 0.40-0.43 thousand tons/ha compared with the level of mineral nutrition $N_{10}P_0K_0$. With an increase in the level of chemicalization, costs increased, which outstripped the increase in crop rotation productivity. As a result, the cost recovery with the improvement of the agricultural sector decreased by 17.4-21.3%, depending on the background of tillage.*

Keywords: methods of tillage, level of chemicalization, crop rotation, crop yields, productivity, cost recovery.

Введение

Повышение урожайности и увеличение валовых сборов зерновых культур предусматривает совершенствование технологий их возделывания применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям [1, 2]. В агрокомплексах возделывания культур большую роль играет основная обработка почвы [3, 4]. Основная обработка в технологиях выступает довольно-таки энергозатратным элементом [5, 6]. Как повышенная её интенсивность, так и чрезмерная минимизация приводят к ухудшению плодородия, снижению продуктивности и экономических показателей [7, 8]. Поэтому вопрос эффективности минимизации основной обработки почвы в агроценозах севооборотов остаётся довольно актуальным.

В технологических комплексах возделывания полевых культур большое значение имеет система питания растений, её оптимизация [9, 10]. В эффективности применения удобрений заметную роль играет основная обработка почвы, от которой зависит глубина заделки и распределение их в обрабатываемом слое; тепловой, водный режимы и интенсивность протекания биохимических процессов [11].

Вредные объекты (сорные растения, болезни и вредители) оказывают влияние на рост и развитие культур, что может стать одной из причин снижения урожайности [12].

Цель исследования - сравнительная оценка положительных и отрицательных сторон ресурсосберегающих систем основной обработки почвы в комплексе со средствами химизации в сопоставлении с традиционной системой обработки в зернопаровом севообороте в почвенно-климатических условиях Тамбовской области.

Методика проведения исследований

Работу выполняли на опытном поле Тамбовского НИИСХ в 2021-2024 годах в четырёхпольном зернопаровом севообороте, развёрнутом в пространстве и времени, со следующим чередованием культур: чёрный пар – озимая пшеница – соя – ячмень.

Схема стационарного полевого опыта предусматривала изучение трёх факторов: системы основной обработки почвы (фактор А); удобрений (фактор В) в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ (азофоска с соотношением элементов 16 : 16 : 16) и $N_{10}P_0K_0$ кг д.в. на 1 га пашни

(аммиачная селитра N_{30} – в ранневесеннюю подкормку посевов озимой пшеницы); системы защиты растений (фактор С) – протравливание семян – (фон), фон + пестициды по вегетации культур севооборота. Протравливание семян озимой пшеницы и ячменя проводили препаратом Грандсил Ультра, КС – 0,5 л/т. Протравливание и инокуляцию семян сои осуществляли биопротравителем Респекта – 1 л/т, Нитрофикс Ж (инокулянт) – 2 л/т, Адыюгрейн (прилипатель) – 1 л/т. На посевах озимой пшеницы и ячменя в фазе кущения – начало выхода в трубку применяли гербициды Примадонна, ВДГ – 0,750 л/га, Патрон, ВДГ – 0,040 кг/га. По вегетации сои в фазе 1-3 настоящих листочков применяли гербициды Классик форте, ВДГ – 0,040 кг/га, Акцент, КЭ – 0,3 л/га, Элефант, КЭ – 0,5 л/га. На посевах озимой пшеницы и ячменя в период колошения применяли фунгицид Титул ДУО, ККР – 0,3 л/га и инсектицид Имидор, ВРК – 0,070 л/га.

В опыте применяли пять систем основной обработки почвы в севообороте: контролем служила традиционная отвальная разноглубинная со вспашкой под озимую пшеницу и ячмень на 20-22 см, под сою на 25-27 см; бесменная поверхностная (дискование на 10-12 см) под все культуры; бесменная безотвальная разноглубинная под ячмень и озимую пшеницу на 20-22 см, под сою на 25-27 см; комбинированная (отвально-безотвальная) с безотвальной обработкой под зерновые культуры и вспашкой под сою; комбинированная (отвально-поверхностная) с поверхностной обработкой под зерновые культуры севооборота и вспашкой под сою.

Почва опытного участка – чернозём типичный, тяжёлосуглинистый со средним содержанием гумуса в пахотном (0-30 см) слое почвы 6,9%. Обеспеченность почвы доступными формами элементов питания высокая и повышенная. Повторность в опыте трёхкратная с последовательным систематическим размещением вариантов. Площадь учётной делянки 25 м².

Уборку и учёт урожая культур севооборота проводили методом прямого комбайнирования (SAMPO – 500). Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А.Доспехову (1985). В качестве показателя, позволяющего эквивалентно соизмерять урожайность культур севооборота, использовали продуктивность, выраженную в зерновых единицах, с коэффициентами перевода для озимой пшеницы и ячменя – 1,00 и для сои – 1,17 (Приказ МСХ РФ от 06.07.2017 № 330).

Метеоусловия вегетационных периодов в годы исследований различались и имели отклонения от среднемноголетних показателей. Так, май-август 2021, 2022 и 2024 годов характеризовались недостаточным выпадением осадков, количество которых было существенно меньше нормы, на 86, 102 и 141,5 мм, соответственно. Среднесуточная температура в эти годы превышала среднемноголетние показатели на 3,0, 1,9 и 2,2°C. Вегетационный период 2023 года отличался обильным выпадением осадков, в 1,4 раза больше среднемноголетних показателей.

Результаты исследований

Урожайность культур севооборота зависела не только от технологических приёмов, но и от погодных условий в период вегетации, которые в свою очередь оказывали влияние на их эффективность (табл.) Так, в большинстве лет исследований формирование более высокой урожайности озимой пшеницы складывалось в технологиях на основе комбинированных отвально-безотвальной и отвально-поверхностной, а также отвальной разноглубинной систем обработок почвы в севообороте. Данная закономерность была характерна как в годы с достаточным выпадением осадков, так и с их дефицитом.

Наибольшая урожайность сои в годы с недостаточным количеством осадков (2021-2022 гг.) была достигнута на фоне комбинированной отвально-поверхностной системы обработки почвы – 2,10 и 1,75 т/га. По бесменной поверхностной системе обработки урожайность снизилась до 1,82 и 1,63 т/га или на 13,3 и 6,9%. В год с достаточным выпадением осадков (2023) на фоне данной системы обработки почвы урожайность сои была сформирована на уровне комбинированной отвально-поверхностной системы – 2,68 т/га.

Для ячменя наиболее благоприятные условия для формирования урожайности были по комбинированным (отвально-безотвальной и отвально-поверхностной) обработкам почвы в севообороте, как в годы с недостаточным количеством осадков (2021-2022), так и в 2023 году, благоприятном по увлажнению.

В острозасушливом 2024 году, к тому же в котором в весенний период отмечалось понижение температуры до -9°C , получена самая низкая урожайность озимой пшеницы 4,24-4,72 т/га, ячменя – 1,58-1,99 т/га и сои – 1,71-1,76 т/га. При этом, наиболее высокая урожайность озимой пшеницы (4,72 т/га) достигнута на фоне отвально-поверхностной системы обработки почвы, а ячменя по отвальной разноглубинной системе в севообороте (1,99) т/га. Для сравнения, в благоприятном 2023 году, урожайность озимой пшеницы по вариантам обработки почвы варьировала в пределах 6,24-6,53 т/га, ячменя – 3,21-3,36 и сои – 2,59-2,66 т/га.

Эффективность удобрений в годы исследований была различной по культурам севооборота. Так, на посевах озимой пшеницы в острозасушливом 2024 году, эффективность $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ возросла в среднем по вариантам опыта в 1,8 раза, по сравнению с 2023 годом с достаточным количеством осадков. В засушливый год наибольшая прибавка от NPK получена на фоне отвальной разноглубинной вспашки в севообороте – 1,48 т/га, а в год с достаточным количеством осадков за вегетацию, прибавка составила 0,62 т/га или в 24 раза меньше по сравнению с весенней подкормкой аммиачной селитрой (N_{30}).

На посевах сои в годы с недостаточным выпадением осадков прибавка урожайности от NPK, в среднем по вариантам обработки почвы, составила 0,18-0,27 т/га, с нормальным годом по осадкам – 0,26 т/га, по сравнению с вариантом без удобрений.

Внесение NPK под ячмень также оказалось эффективным агроприёмом, что позволило дополнительно получить, в годы с недостатком осадков – 0,58-1,29 т/га зерна, острозасушливом (2024) – 0,45 т/га и в год с достаточным количеством осадков (2023) – 0,95 т/га, по сравнению с вариантами без удобрений.

Эффективность применяемых средств защиты растений в период вегетации культур севооборота была различной по годам и культурам. Так, на посевах озимой пшеницы эффективность применяемых пестицидов в годы с недостаточным количеством осадков, показала прибавка урожайности культуры в среднем по вариантам опыта на уровне 0,53-0,57 т/га, что на 0,20-0,24 т/га больше по сравнению с благоприятным (2023) годом по осадкам.

Применение гербицидов на посевах сои обеспечило получение наиболее высокой прибавки урожайности в благоприятный по осадкам (2023) год – 0,57 т/га, в годы с недостатком осадков – 0,20-0,35 т/га.

Прибавки урожайности по ячменю от применения средств защиты варьировали от 0,23 до 0,51 т/га. При этом, минимальными они были в острозасушливом (2024) году, а максимальными – в годы с недостаточным количеством осадков – 0,51 т/га.

Результаты исследований показали, что применение удобрений и средств защиты растений от вредных объектов в зернопаровом севообороте является эффективным агроприёмом, обеспечивающим повышение продуктивности культур с различным количеством осадков за вегетационные периоды.

Урожайность культур зернопарового севооборота в зависимости от обработки почвы, применения удобрений и средств защиты растений, т/га

Основная обработка почвы в севообороте (фактор А)	Минеральные удобрения, кг/га д.в. (фактор В)	Защита растений (фактор С)	Озимая пшеница					Соя					Ячмень				
			2021	2022	2023	2024	Сред.	2021	2022	2023	2024	Сред.	2021	2022	2023	2024	Сред.
Традиционная отвальная разноглубинная (контроль)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1*	4,23	7,12	6,56	4,95	5,72	1,79	1,57	2,42	1,75	1,88	3,05	3,80	3,61	2,01	3,12
		2**	5,15	7,47	6,90	5,49	6,25	1,94	2,12	3,06	1,93	2,26	3,73	4,13	4,10	2,31	3,57
	N ₁₀ P ₀ K ₀	1	5,00	6,53	5,95	3,31	5,20	1,99	1,43	2,31	1,53	1,82	2,41	2,64	2,59	1,64	2,32
		2	5,55	6,97	6,27	4,10	5,72	2,22	1,74	2,57	1,73	2,07	2,95	3,06	2,83	1,96	2,70
Среднее по варианту обработки почвы			4,98	7,02	6,42	4,45	5,72	1,98	1,71	2,59	1,73	2,00	3,03	3,41	3,28	1,99	2,93
Бессмennaя поверхностная (дискование на 10-12 см)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	4,39	6,87	6,47	4,54	5,57	1,63	1,65	2,40	1,66	1,84	2,96	3,56	3,45	1,96	2,98
		2	4,63	7,32	6,84	4,82	5,90	1,77	1,89	3,06	1,98	2,18	3,64	3,97	3,92	2,16	3,42
	N ₁₀ P ₀ K ₀	1	4,34	6,60	5,78	3,46	5,05	1,83	1,29	2,41	1,53	1,77	2,54	2,51	2,59	1,39	2,26
		2	4,73	6,81	6,03	4,31	5,47	2,06	1,68	2,87	1,67	2,06	3,21	2,76	2,87	1,66	2,63
Среднее по варианту обработки почвы			4,52	6,90	6,28	4,28	5,50	1,82	1,63	2,68	1,71	1,96	3,09	3,20	3,21	1,79	2,82
Бессмennaя безотвальная разноглубинная	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	4,22	6,86	6,52	4,72	5,58	1,83	1,54	2,49	1,56	1,86	2,75	3,53	3,47	1,63	2,85
		2	4,48	7,20	6,71	5,31	5,93	2,09	1,83	3,26	1,93	2,28	3,56	4,06	4,00	1,94	3,39
	N ₁₀ P ₀ K ₀	1	4,50	6,63	5,81	3,57	5,13	1,90	1,40	2,28	1,63	1,80	2,43	2,29	2,66	1,34	2,18
		2	5,26	6,83	6,23	4,32	5,66	2,14	1,77	2,64	1,74	2,07	2,76	2,58	3,00	1,41	2,44
Среднее по варианту обработки почвы			4,61	6,88	6,32	4,48	5,57	1,99	1,64	2,67	1,72	2,01	2,88	3,12	3,28	1,58	2,72
Комбинированная (отвально-безотвальная)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	4,31	6,99	6,42	4,37	5,52	1,93	1,49	2,35	1,71	1,87	3,21	3,78	3,44	1,84	3,07
		2	4,60	7,36	6,66	4,85	5,87	2,07	2,04	3,04	1,97	2,28	3,53	4,21	3,80	2,01	3,39
	N ₁₀ P ₀ K ₀	1	4,54	6,76	5,77	3,70	5,19	2,04	1,32	2,24	1,62	1,80	2,62	2,32	2,75	1,35	2,26
		2	5,53	7,11	6,11	4,05	5,70	2,24	1,73	2,80	1,73	2,13	3,22	2,91	2,99	1,56	2,67
Среднее по варианту обработки почвы			4,74	7,06	6,24	4,24	5,57	2,07	1,65	2,61	1,76	2,02	3,15	3,31	3,25	1,69	2,85
Комбинированная (отвально-поверхностная)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	4,30	7,01	6,46	4,96	5,68	1,83	1,79	2,34	1,74	1,93	3,29	4,04	3,67	1,80	3,20
		2	4,61	7,39	6,82	5,48	6,08	2,15	2,17	3,30	1,96	2,40	3,54	4,45	4,00	2,12	3,53
	N ₁₀ P ₀ K ₀	1	4,42	6,75	6,23	3,85	5,31	2,14	1,29	2,33	1,57	1,83	2,57	2,63	2,70	1,39	2,32
		2	4,66	6,96	6,63	4,49	5,69	2,28	1,73	2,66	1,68	2,09	2,73	2,97	3,05	1,55	2,58
Среднее по варианту обработки почвы			4,50	7,03	6,53	4,72	5,70	2,10	1,75	2,66	1,74	2,06	3,03	3,52	3,38	1,72	2,91

НСР₀₅ для А 0,11 0,07 0,12 0,19 0,06 0,07 0,08 0,19 0,08 0,11 0,12 0,10
 для В 0,08 0,05 0,09 0,15 0,05 0,04 0,06 0,15 0,06 0,08 0,10 0,07
 для С 0,07 0,04 0,09 0,12 0,04 0,05 0,06 0,12 0,05 0,07 0,08 0,06

Примечание: 1* - протравливание семян – фон

2** - фон + пестициды по вегетации культур

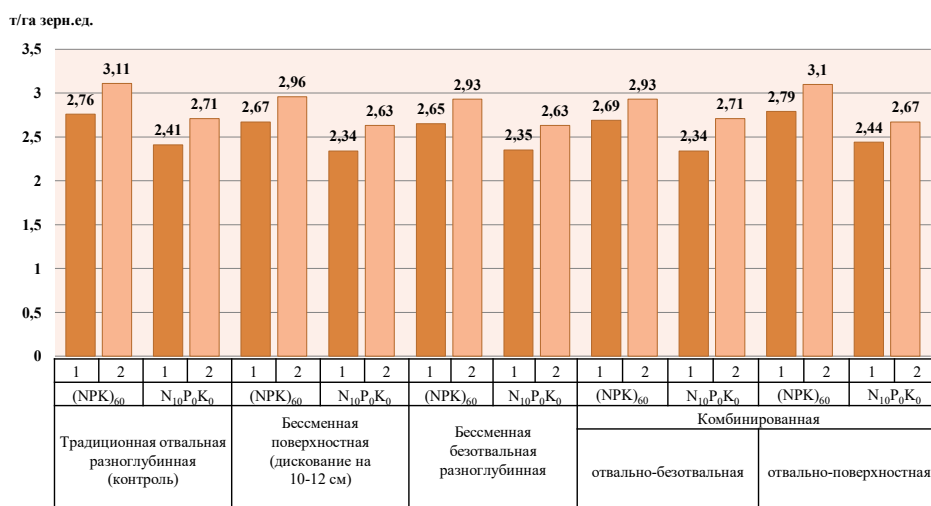
В целом, наиболее высокая продуктивность севооборота (выход продукции тыс. т/га зерновых единиц) отмечена при использовании технологий на основе традиционной отвальной разнотрубной и комбинированной (отвально-поверхностной) систем обработки почвы, в комплексе с внесением удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ и средствами защиты растений – 3,11 и 3,10 тыс. т/га зерновых единиц (рис. 1). При этом уменьшение уровня минерального питания до N₁₀P₀K₀ приводило к снижению продуктивности пашни в севообороте на 0,40 и 0,43 тыс. т/га зерновых единиц.

Применение в севообороте технологий возделывания культур на основе бессенных поверхностной и безотвальной систем обработки почвы в комплексе с дозой удобрений N₆₀P₆₀K₆₀ приводило к снижению продуктивности севооборота на 0,15-0,18 и 0,15-0,17 тыс. т/га зерновых единиц, по сравнению с контролем (традиционной отвальной разнотрубной) системой обработки.

Оценка агроэкономической эффективности севооборота показала, что способ основной обработки почвы в условиях проведения эксперимента не оказывал существенного влияния на выход зерна с одного гектара пашни.

В большей степени на продуктивность севооборота влияли средства химизации. Однако, следует учесть, что повышение уровня минерального питания увеличивало затраты, а применение средств защиты растений сопровождалось ещё большим их ростом.

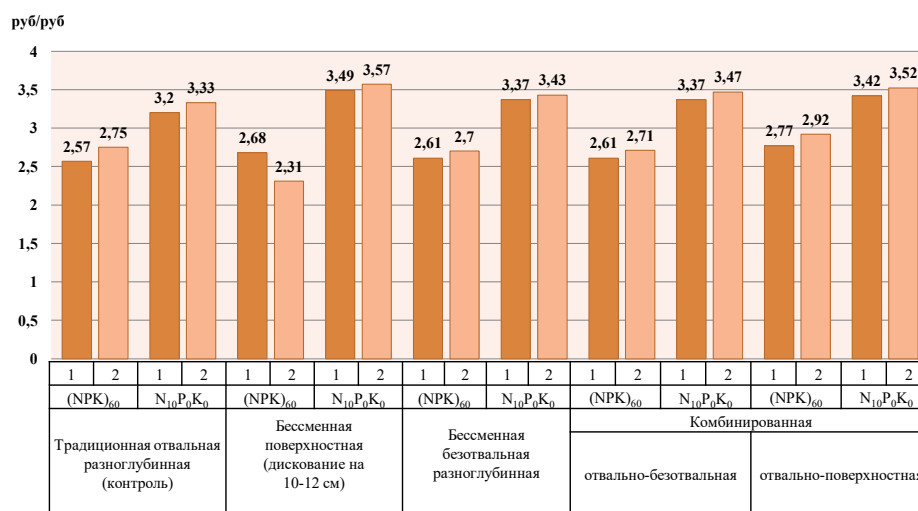
Увеличение затрат на повышение уровня химизации севооборота опережало рост его продуктивности, что определенно отразилось на экономических показателях (рис. 2). Наибольшая окупаемость затрат отмечалась в вариантах с низким уровнем минерального питания N₁₀P₀K₀ в комплексе со средствами защиты растений, включающих протравливание семян и обработку пестицидами по вегетации культур – от 3,33 руб. на фоне контроля с традиционной отвальной разнотрубной системой – до 3,57 руб. после бессенной поверхностной системой (дискование на 10-12 см). Повышение уровня минерального питания до N₆₀P₆₀K₆₀ в сочетании с комплексом средств защиты снижало величину этого показателя на 17,4-21,3%. При отсутствии обработки посевов пестицидами окупаемость затрат снизилась на 22,8-24,9%. Установленная закономерность характерна и другим вариантам опыта.



1^x – протравливание семян, фон

2^{xx} – фон + пестициды по вегетации культур севооборота

Рис. 1. Продуктивность зернопарового севооборота в зависимости от технологических приемов (среднее за 2021-2024гг.), т/га зерн.ед.



1^x - протравление семян, фон

2^{xx} - фон+пестициды по вегетации культур севооборота

Рис. 2. влияние технологических процессов на окупаемость затрат при производстве продукции в зернопаровом севообороте (среднее за 2021-2024 гг), руб/руб.

Заключение

Таким образом, по результатам наших исследований, на чернозёме типичном в северо-восточном регионе ЦЧЗ, способ основной обработки почвы не оказывал существенного влияния на продуктивность зернопарового севооборота – различия между фонами с ресурсосберегающими (поверхностной, безотвальной и комбинированной отвально-безотвальной) системами обработки составили 2,2-4,0% по отношению к контролю с традиционной отвальной разноголубинной системой. Использование в севообороте комбинированной отвально-поверхностной системы обработки почвы обеспечило продуктивность севооборота равную с контролем – 2,75 тыс. т/га зерновых единиц. Повышение уровня минерального питания в сочетании с комплексом средств защиты растений повышало продуктивность севооборота на 9,1-13,9%, в зависимости от фона обработки почвы, однако затраты при этом возрастали, что негативно отражалось на экономических показателях. Окупаемость затрат снижалась на 17,4-21,3%. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в зернопаровом севообороте (чёрный пар – озимая пшеница – соя – ячмень) на черноземе типичном в технологических комплексах возделывания культур, наряду с традиционной отвальной разноголубинной системой обработки почвы, возможно применение комбинированной отвально-поверхностной системы обработки в комплексе с применением удобрений в дозе N₁₀P₀K₀ и средств защиты растений. В целях повышения экономической эффективности возделывания культур в зернопаровом севообороте на чернозёме типичном с высоким и повышенным содержанием доступных форм минерального питания целесообразно внесение на 1 га пашни N₁₀P₀K₀.

Литература

1. Воронов С.И., Зволинский В.П., Плескачёв Ю.Н. и др. Роль приёмов основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя. // Земледелие. – 2020. – № 2. – С. 24-26. DOI: 1024411/0044-3913-2020-10206.
2. Горянин О.И., Пронович Л.В., Джангабаев Б.Ж. и др. Оптимизация технологически операций при возделывании ярового ячменя в Среднем Поволжье. // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 8. – С. 55-60.
3. Шабалкин А.В., Драчёва М.К., Воронцов В.А. и др. Реакция ячменя на средства интенсификации и приёмы обработки чернозёмных почв в северо-восточном регионе Черноземья. // Земледелие. – 2022. – № 6. – С. 41-45. DOI: 1024412/0044-3913-2022-6-41-45.

4. Сабитов М.М., Захаров С.А. Ресурсосберегающие модели технологий возделывания яровой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16. – № 3 (63). – С. 53-58.
5. Ивенин А.В., Саков А.П. Влияние систем обработки светло-серой лесной почвы на урожайность и энергетическую эффективность выращивания зерновых культур за ротацию зернового севооборота в условиях Волго-Вятского региона. // Вестник Казанского ГАУ. – 2020. – № 2. – С. 14-19. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-14-19.
6. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Продуктивность зернопарового севооборота и эффективность производства зерна в зависимости от систем основной обработки почвы. // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 1. – С. 18-21. DOI: 1024411/0235-2451-2018-10103.
7. Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Продуктивность зернопарового севооборота в северо-восточном регионе ЦЧЗ в зависимости от агротехнологий. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 1 (41). – С. 99-108. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-99-108.
8. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. // Почвоведение. – 2019. – № 9. – С. 1130-1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
9. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Ареал применения нулевых и поверхностных обработок при возделывании колосовых культур на территории Европейской части Российской Федерации. // Земледелие. – 2017. – № 2. – С. 10-13.
10. Чуян О.Г. Модель системы удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья. // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 12. – С. 5-8.
11. Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Продуктивность и экономическая эффективность зернопарового севооборота в зависимости от агротехнологий. // Зернобобовые и крупяные. – 2024. – № 1 (49). – С. 97-104 DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-97-104
12. Сурин Н.А., Герасимов С.А., Бобровский А.В. и др. Разработка элементов сортовой агротехники зерновых культур в Красноярском Крае. // Земледелие. – 2021. – № 7. – С. 22-25.

References

1. Voronov S.I., Zvolinsky V.P., Pleskachev Yu.N. and others. The role of basic tillage techniques in the cultivation of spring barley. *Agriculture*, 2020, no.2, pp. 24-26. Doi : 1024411/0044-3913-2020-10206. (In Russ.)
2. Goryanin O.I., Pronovich L.V., Dzhangabaev B.Zh. et al. Technological optimization of operations in the cultivation of spring barley in the Middle Volga region. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2022, Vol. 36, no. 8, pp. 55-60. (In Russ.)
3. Shabalkin A.V., Dracheva M.K., Vorontsov V.A. et al. The reaction of barley to the means of intensification and application of treatment of chernozem soils in the northeastern region of the Chernozem region. *Agriculture*. 2022, no. 6, pp. 41-45. Doi : 1024412/0044-3913-2022-6-41-45. (In Russ.)
4. Sabitov M.M., Zakharov S.A. Resource-saving models of spring wheat cultivation technologies in the Middle Volga forest steppe. *Bulletin of Kazan State Agrarian University*. 2021, Vol. 16, no. 3 (63), pp. 53-58. (In Russ.)
5. Ivenin A.V., Sakov A.P. The influence of light gray forest soil treatment systems on the yield and energy efficiency of grain cultivation due to rotation of grain crop rotation in the Volga-Vyatka region. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. 2020, no. 2, pp. 14-19. Doi : 10.12737/2073-0462-2020-14-19. (In Russ.)
6. Perfiliev N.V., Vyushina O.A. Productivity of grain-and-fallow crop rotation and grain production efficiency depending on basic tillage systems. *Achievements of science and technology of the Agroindustrial complex*. 2018, no. 1, pp. 18-21. Doi : 1024411/0235-2451-2018-10103. (In Russ.)

7. Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P. Productivity of grain and fallow crop rotation in the northeastern region of the Central Federal District depending on agricultural technologies. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2022, no. 1 (41), pp. 99-108. (In Russ.)
8. Kiryushin V.I. Management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive landscape farming systems. *Soil science*. 2019, no. 9, pp. 1130-1139. Doi : 10.1134/SOO 32180 x 19070062. (In Russ.)
9. Cherkasov G.N., Pykhtin I.G., Gostev A.V. The area of application of zero and surface treatments in the cultivation of ear crops in the European part of the Russian Federation. *Agriculture*, 2017, no. 2, pp. 10-13. (In Russ.)
10. Chuyan O.G. Model of the fertilizer system in adaptive landscape agriculture of the Central Chernozem region. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*. 2017, Vol. 31, no. 12, pp. 5-8. (In Russ.)
11. Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P. Productivity and economic efficiency of grain and fallow crop rotation depending on agricultural technologies. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2024, no. 1 (49), pp. 97-104 DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-97-104 (In Russ.)
12. Surin N.A., Gerasimov S.A., Bobrovsky A.V. and others. Development of elements of varietal agrotechnics of grain crops in the Krasnoyarsk Territory. *Agriculture*. 2021, no. 7, pp. 22-25.

ПОДБОР СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ДЛЯ ТРЕХУКОСНОЙ СХЕМЫ ТРАВПОЛЬЗОВАНИЯ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ЮГО-ЗАПАДА ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА

В.В. ДЬЯЧЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук
ORCID ID: 0000-0002-6302-9113, E-mail: uchsovet@bgsha.com

А.В. ДРОНОВ, доктор сельскохозяйственных наук
ORCID ID: 0000-0001-5398-4822, E-mail: dronov.bsgha@yandex.ru

О.В. ПОНОМАРЧУК, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: dihka@yandex.ru

О.В. ДЬЯЧЕНКО, кандидат экономических наук, ORCID ID: 0000-0003-0095-857X,
E-mail: doksa1979@mail.ru

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

***Аннотация.** В агроклиматических условиях Нечерноземной зоны травостой клевера лугового позволяют получать не менее двух полноценных укосов кормовой массы. Анализ научной литературы и опыт возделывания культуры в регионе показывают возможность получения трех и более укосов. Более интенсивное использование травостоев расширяет возможности применения клевера лугового в системе регионального полевого кормопроизводства. Цель – дать обоснование рекомендации по подбору сортов клевера лугового для интенсивного (трехукосного) травопользования в почвенно-климатических условиях юго-запада Центрального региона. Методы исследования: полевые и лабораторные. Опыт проводился в 2022-2024 годах в условиях опытного поля учхоза Брянского ГАУ. Выявлено, что по динамике роста выделялись сорта Кретуновский, Крыния, Милена и Близард. Отмечено, что для более раннего хозяйственного использования подходят сорта ВИК-7, Крыния, Даяна, Милена и Близард, а сорта Трифон, Шанс, Кретуновский и Дымковский можно планировать начинать убирать на 7-10 дней позже. Выявлены достаточно значимые сортовые различия по содержанию абсолютно-сухого вещества в первый и последующие укосы. Установлено, что в агроклиматических условиях серых лесных почв Брянской области, возможно использование трехукосной схемы травопользования. Для интенсивного (трехукосного) использования следует рекомендовать сорта клевера лугового Даяна, Кретуновский, Милена и Близард, которые формируют не менее трех укосов за двухлетний период, обеспечивая при этом урожайность свыше 50 т/га зеленой массы и более 11 т/га сухого вещества.*

Ключевые слова: клевер луговой, сорта, схемы травопользования, динамика роста, урожайность зеленой массы, выход сухого вещества.

Для цитирования: Дьяченко В.В., Дронов А.В., Пономарчук О.В., Дьяченко О.В. Подбор сортов клевера лугового для трехукосной схемы травопользования на серых лесных почвах юго-запада Центрального региона. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):93-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-93-101

SELECTION OF RED CLOVER VARIETIES FOR A THREE-CUT GRASS MANAGEMENT SCHEME ON GRAY FOREST SOILS IN THE SOUTHWEST OF THE CENTRAL REGION

V.V. Dyachenko, A.V. Dronov, O.V. Ponomarchuk, O.V. Dyachenko

FSBEI HE BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Abstract: *In the agro-climatic conditions of the Non-Chernozem zone, the grass stands of red clover allow for at least two full-fledged mowing of the fodder mass. The analysis of scientific literature and the experience of cultivating crops in the region show the possibility of obtaining three or more mowings. More intensive use of grasslands expands the possibilities of using red clover in the system of regional field forage production. The purpose is to substantiate recommendations on the selection of varieties of red clover for intensive (three-cut) grass management in the soil and climatic conditions of the south-west of the Central region. Research methods: field and laboratory. The experiment was conducted in 2022-2024 in the conditions of the experimental field of the Bryansk State Agricultural University. It was revealed that according to the growth dynamics, the varieties Kretunovsky, Krynia, Milena and Blizzard were distinguished. It is noted that the varieties VIC-7, Krynia, Dayana, Milena and Blizzard are suitable for earlier economic use, and the varieties Trifon, Chance, Kretunovsky and Dymkovsky can be planned to start harvesting 7-10 days later. Quite significant varietal differences in the content of absolutely dry matter in the first and subsequent mowing were found out. It has been established that in the agro-climatic conditions of gray forest soils of the Bryansk region, it is possible to use a three-cut scheme of grass management. For intensive (three-cut) use, red clover varieties Dayana, Kretunovsky, Milena and Blizzard should be recommended, which form at least three mowing over a two-year period, while providing yields of over 50 t/ha of green mass and more than 11 t/ha of dry matter.*

Keywords: red clover, varieties, grass management schemes, growth dynamics, yield of green mass, dry matter yield.

Введение

Клевер луговой (*Trifolium pretense L.*) является одной из основных и наиболее востребованных кормовых культур в Нечерноземной зоне. Одновидовые и смешанные травостой клевера лугового применяются для получения разнообразных травянистых кормов: сена, сенажа, силоса, травяной муки, в зеленую подкормку и для выпаса [1-3]. Клеверосеяние позволяет повысить эффективность севооборотов за счет повышения их продуктивности и сохранить, а чаще повысить, плодородие дерново-подзолистых и серых лесных почв Нечерноземной полосы, уменьшить вред, наносимый водной эрозией [4].

В агроклиматических условиях Брянской области с травостоев клевера получают не менее двух полноценных укосов кормовой массы. Однако, и в научных публикациях, а так же исходя из опыта возделывания культуры в регионе, отмечается возможность получения с его травостоев трех и более укосов [5-6]. Клевер луговой после первого года пользования является наиболее подходящей плодосменной культурой для зерновых севооборотов [4], и более интенсивное использование травостоев позволит получать дополнительный сбор кормовой массы. Интенсивное (трехукосное) использование травостоев может существенно расширить возможность включения культуры в схемы сырьевого и зеленого конвейеров, что немаловажно с точки зрения оптимизации систем регионального полевого кормопроизводства.

Современный сортимент клевера лугового представлен достаточно разнообразным спектром, включающим как двуукосные, так и одноукосные генотипы, а так же сорта, различающиеся по скороспелости [7-8]. Одним из приоритетных направлений современной селекции является полиплоидизация, позволившая получить тетраплоидные сорта, отличающиеся высокой кормовой продуктивностью и экологической устойчивостью [9]. Зачастую, информации, имеющейся в характеристиках сортов, недостаточно для оценки пригодности того или иного сорта для трехукосного травопользования в конкретных почвенно-климатических и производственных условиях. Агрономическая оценка реакции сортов клевера лугового на применение интенсивного (трехукосного) режима использования является актуальной и позволит подготовить научно-обоснованные рекомендации по подбору наиболее подходящих генотипов.

Цель работы – дать обоснованные рекомендации по подбору сортов клевера лугового для интенсивного (трехукосного) травопользования в почвенно-климатических условиях юго-запада Центрального региона.

Материалы и методы исследований

Исследовательская работа выполнялась в период 2022-2024 годов на опытном поле учхоза Брянского ГАУ. Почвенные условия на участке в целом характерные для опытного поля учебно-опытного хозяйства. Почва серая лесная среднесуглинистая, образованная на лессовидных карбонатных суглинках. Гумусовый горизонт 25-35 см, содержание органического вещества 1,72-2,22%, содержание подвижного фосфора высокое и калия среднее (261-351 мг P₂O₅ и 116-190 мг K₂O на 1 кг почвы). Реакция почвенного раствора кислая, рН_{KCl} 4,1-4,4.

Полевой опыт был заложен в 2022 году и включал подборку современных сортов клевера лугового отечественной селекции: ВИК 7, (ВНИИ мелиорированных земель), Трифон, Шанс, Кретуновский, Дымковский (ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого) и зарубежной селекции – Крыния, Даяна, Милена и Близард.

Представленные в опыте зарубежные сорта Крыния, Даяна и Милена были выведены селекционными организациями Польши, а сорт Близард Германии. Сорта иностранной селекции были ранее изучены в условиях лесолуговой зоны Удмуртской республики на опытном поле Удмуртского НИИСХ, где показали наиболее высокую урожайность и кормовую продуктивность [8], а так же в коллекционном питомнике ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» ОП Псковский НИИСХ и были рекомендованы для возделывания в условиях производства Псковской области [10]. В опыте в качестве контроля использовали наиболее распространенный в регионе сорт ВИК 7.

Посев проводился в первой декаде мая с нормой высева 12-15 кг/га разбросным способом вручную. В качестве покровной культуры служил яровой ячмень с уменьшенной на половину нормой высева. Площадь делянки составляла 20 м², повторность четырехкратная, размещение вариантов систематическое. С учетом почвенного плодородия при закладке опыта фосфорные и калийные удобрения не применяли, под покровную культуру была внесена расчетная доза известковых материалов. Агротехника при подготовке почвы включала общепринятые в регионе при возделывании многолетних бобовых трав агроприемы (отвальная вспашка, культивация, обработка комбинированным агрегатом, прикатывание почвы).

В соответствии с Методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами учет урожая надземной массы осуществляли сплошным методом на площадках по 5 м² в четырехкратной повторности. Урожайность зеленой массы учитывали по следующей схеме: первый укос в фазу начала бутонизации большинства сортов; второй укос через 40 дневной интервал; дата третьего укоса устанавливалась исходя из параметров высоты растений (не менее 50 см) и фазы развития (ориентировочно фаза бутонизации-цветения).

Содержание сухого (абсолютно-сухого) вещества устанавливали путем высушивания навесок из пробного снопа при температуре 105 °С, до достижения постоянной массы. Густоту стеблестоя определяли при проведении учетов на зимостойкость и урожайность с площадок по 0,25 м² в четырехкратной повторности. Статистическую обработку данных по урожайности кормовой массы осуществляли методом дисперсионного анализа с помощью программы Straz. Производственные затраты на возделывание клевера лугового определяли по типовой технологической карте, рассчитанной с использованием программы Microsoft Excel.

В опытах выполняли фенологические наблюдения и фиксировали основные фазы развития клевера лугового: всходы, ветвление, начало ранневесеннего отрастания, ветвление, бутонизация, цветение, формирование семян. Для оценки динамики роста сортифта клевера лугового производили измерение высоты растений. Первый промер выполнялся с ориентировкой на 5 мая, второй и последующий промеры с интервалом в 10 дней.

Результаты и их обсуждение

В первый год жизни клевер луговой, после уборки ячменя на зерно, сформировал к первой декаде сентября достаточный урожай надземной массы для использования на кормовые цели. При этом была измерена высота растений, определена урожайность надземной массы и содержание сухого вещества. К учетной дате 10.09.2022 года высота растений клевера лугового составляла от 42 до 63 см, в зависимости от сорта, содержание сухого вещества колебалось в пределах от 18,9 до 21%. Урожайность надземной массы варьировала от 7,5 до 12,9 т/га, при средней урожайности по опыту 10,3 т/га. При этом достоверную прибавку к контролю обеспечили сорта Кретуновский, Даяна, Милена и Близард, урожайность которых составляла 11,2-12,9 т/га зеленой массы. Выход сухого вещества (расчетный) был в пределах от 1,38 до 2,52 т/га. Анализ полученных данных позволил заключить, что уже в первый год жизни проявились значимые различия между сортами клевера лугового по основным параметрам урожая надземной массы.

Погодные условия зимнего периода 2022-2023 и 2023-2024 годов сложились сравнительно благоприятно для успешной перезимовки растений клевера лугового. Зимостойкость сортов составила от 68 до 87%, при этом отечественные генотипы отличались более высоким процентом перезимовки. В ранневесенние периоды 2023 и 2024 годов было проведено боронование травостоя легкими зубowymi боронами, а так же вносилась стартовая азотная подкормка аммиачной селитрой из расчета N₃₀ по действующему веществу.

Усредненные двухлетние данные измерения линейных размеров свидетельствуют о значительных различиях по высоте растений среди изучаемого сортимента клевера лугового (табл. 1). При этом зарубежные сорта Крыния, Милена и Близард выделились как наиболее высокорослые, их высота к моменту первого промера превышала среднее по опыту 25 см и составила 27-31 см. Среди сортов отечественной селекции, на момент первого промера, наиболее высокорослым оказался сорт ВИК 7.

Таблица 1

Динамика роста сортов клевера лугового, среднее за второй и третий годы жизни

Сорт	Высота растений, см			
	Промер 1 5.05.	Промер 2 15.05.	Промер 3 25.05.	На дату первого укоса
ВИК 7 (контроль)	25	33	57	64
Трифон	17	29	48	57
Шанс	19	27	46	52
Кретуновский	23	33	57	63
Дымковский	22	30	57	64
Крыния	31	38	56	64
Даяна	27	36	55	63
Милена	29	38	62	66
Близард	30	37	67	69
Среднее по опыту	25	33	56	62

Измерения высоты растений во второй и последующие промеры, позволило по динамике роста выделить зарубежные сорта Крыния, Милена и Близард, как отличившиеся наиболее интенсивным приростом линейных размеров, их высота превышала средние значения по опыту. Наиболее динамичным ростом из отечественных генотипов отличились сорта ВИК 7, Кретуновский и Дымковский.

При определении сроков начала хозяйственного использования многолетних трав, помимо высоты растений следует ориентироваться и на фенологическую фазу развития растений. Существует закономерность, что питательность бобовых растений снижается по мере перехода от ранних фаз развития к более поздним фазам. Данная закономерность характерна и для клевера лугового, оптимальной фазой уборки которого считается бутонизация-начало цветения. Усредненные двухлетние данные фенологического

наблюдения, показали явные различия у изучаемых сортов клевера лугового по срокам перехода в генеративный период развития. Эти особенности можно использовать в составлении региональных схем зеленого и сырьевого конвейеров. Для более раннего хозяйственного использования подходят отечественный сорт ВИК7 и зарубежные сорта Крыния, Даяна, Милена и Близард. Сорта Трифон, Шанс, Кретуновский и Дымковский можно планировать начинать убирать на 7-10 дней позже.

Для кормовых культур одним из показателей, определяющих конечную продуктивность травостоев, является содержание сухого вещества. В надземной массе именно сухое (абсолютно-сухое) вещество представляет наибольшую кормовую ценность. Усредненные за два года пользования результаты определения содержания сухого вещества в кормовой массе сортов клевера лугового представлены в таблице 2.

Полученные данные показывают достаточно значимые сортовые различия клевера лугового по содержанию абсолютно-сухого вещества в первый укос. Так, в надземной массе первого укоса, в зависимости от сорта, содержание абсолютно сухого вещества составляло от 18,6 до 23,8%. При этом, для сортов Милена, ВИК7, Даяна и Крыния, были характерны показатели содержания сухого вещества от 22,6 до 23,8%, существенно превышающие среднее по опыту.

Таблица 2

Содержание абсолютно-сухого вещества в надземной массе сортов клевера лугового, в среднем за второй и третий годы жизни

Сорт	Содержание абсолютно-сухого вещества, %		
	Первый укос	Второй укос	Третий укос
ВИК 7 (контроль)	22,9	23,3	22,9
Трифон	19,5	21,4	19,8
Шанс	19,7	22,0	20,0
Кретуновский	19,8	22,7	20,3
Дымковский	18,6	21,5	20,1
Крыния	23,8	23,9	23,4
Даяна	23,0	23,3	23,2
Милена	22,6	23,7	22,9
Близард	21,0	22,6	22,4
Среднее по опыту	21,2	22,7	21,7

В надземной массе второго укоса доля абсолютно-сухого вещества составляла уже от 21,4 до 23,9%. Надземная масса третьего укоса характеризовалась сходными значениями по содержанию сухого вещества, как в предыдущие учеты. Полученные данные, в целом подтверждают общую закономерность, связанную с повышением содержания сухого вещества, как по мере старения растений, так и во втором и последующих укосах.

Клевер луговой считается культурой двухлетнего периода использования, максимальная продуктивность посевов приходится на второй год жизни или первый год пользования. Как правило, наблюдаются достаточно существенные различия по урожайности в разные годы пользования и среднемноголетние данные позволяют получить более объективную оценку исследуемым агроприемам, сортам и т.д. Усредненные результаты учетов урожайности зеленой массы свидетельствуют не только о сравнительно высокой продуктивности многих сортов клевера лугового второго и третьего лет жизни, но и о существенных различиях между сортами по этому показателю (табл. 3).

По средним данным за два года пользования урожайность в первый укос сорта клевера лугового была в пределах от 17,8 до 27,2 т/га зеленой массы. При этом средняя урожайность по опыту составила 23,0 т/га. Как в 2023 году так и в 2024 году большинство изучаемых сортов показали статистически достоверную прибавку к контролю, за исключением сорта Шанс, по которому отклонение урожайности было в пределах погрешности.

В целом за два года жизни урожайность выше средней по опыту сформировали отечественные сорта Кретуновский и Дымковский, а так же зарубежные сорта Милена и Близард. Особо выделился тетраплоидный сорт Близард, который дал урожайность в первый укос более 27 т/га надземной массы.

Учет урожайности второго укоса сортов клевера лугового, как в первый, так и во второй годы пользования, выявил тенденцию существенного снижения продуктивности в сравнении с первым укосом. При этом среднесортковая урожайность второго укоса составила 72,2% к показателю за первый укос. За два года опыта большинство сортов клевера лугового показали статистически достоверную прибавку урожая зеленой массы второго укоса в сравнении с контролем. Средняя урожайность отавы по опыту составила чуть более 16 т/га, при этом наиболее продуктивными были травостой сортов Даяна, Близард, Кретуновский и Милена, обеспечившие урожай от 17,7 до 18,6 т/га зеленой массы.

Таблица 3

Урожайность зеленой массы сортов клевера лугового при интенсивной (трехукосной) схеме травопользования, в среднем за второй и третий годы жизни

Сорт	Урожайность зеленой массы по укосам, т/га			
	Первый	Второй	Третий	В сумме за три укоса
ВИК 7 (контроль)	17,73	12,35	7,99	38,07
Трифон	21,96	16,79	6,46	45,21
Шанс	19,35	14,96	5,19	39,50
Кретуновский	26,19	18,53	7,31	52,03
Дымковский	25,02	11,14	4,68	40,83
Крыния	22,86	16,70	6,80	46,36
Даяна	21,96	17,66	7,82	47,44
Милена	24,66	18,62	8,76	52,03
Близард	27,18	17,75	11,82	56,74
Среднее по опыту	22,99	16,06	7,42	46,47

Примечание. НСР₀₅ за 2023 год; первый укос 3,3 т/га, второй укос 2,0 т/га; третий укос 0,7 т/га; в сумме за три укоса 2, т/га. НСР₀₅ за 2024 год первый укос 2,1 т/га, второй укос 1,7 т/га; третий укос 1,1 т/га; в сумме за три укоса 2,3 т/га.

Тенденция существенного снижения продуктивности третьего укоса клевера лугового была характерна для второго и третьего лет жизни. При этом для большинства сортов в опыте отмечено уменьшение урожайности, практически в два раза. В среднем за два года по урожайности третьего укоса надо выделить сорт отечественной селекции ВИК7, а так же сорта зарубежного происхождения Даяна, Милена и Близард, сформировавшие 7,8-11,8 т/га надземной массы.

Интенсивная (трехукосная) схема травопользования предполагает рост продуктивности посевов, за счет повышения общей урожайности зеленой массы с единицы площади. Оценивая усредненные за два года данные по урожайности сортов клевера лугового, можно отметить достаточно высокий уровень продуктивности травостоя. Так, суммарная урожайность зеленой массы в среднем два года пользования составила от 38,0 до 56,7 т/га. Большинство сортов как в 2023, так и в 2024 годах обеспечили статистически достоверную прибавку в сравнении с контролем. Сорта Кретуновский, Милена и Близард, показали в среднем за два года урожайность выше 50 т/га зеленой массы, что характеризует высокий уровень продуктивности клевера лугового при трехукосной схеме травопользования. В современном кормопроизводстве для анализа продуктивности культуры наиболее важное значение имеет содержание сухого вещества, ведь именно сухое вещество представляет питательную ценность.

Анализ данных по сбору сухого вещества отражает в целом ранее показанные результаты по урожайности зеленой массы, с поправкой на отмеченные различия сортов в содержании абсолютно-сухого вещества (табл. 4).

Наиболее высокий сбор сухого вещества, как и урожайность зеленой массы, характерен для первого укоса. В зависимости от сорта выход сухого вещества в первый укос составлял от 3,81 до 5,71 т/га. При этом сбор сухого вещества выше 5 т/га обеспечивали отечественный сорт Кретуновский, а так же зарубежные сорта Крыния, Милена и Близард. Отмечено, как и по урожайности зеленой массы для второго и в особенности третьего укосов характерно существенное снижение сбора сухих веществ. Так, во второй укос средний по опыту выход сухого вещества составил 3,65 т/га, что на четверть меньше аналогичного показателя в первый укос. Травостои сортов клевера лугового к третьему укосу сформировали в среднем лишь 34% сухого вещества в сравнении с первым.

Таблица 4

Сбор абсолютно-сухого вещества сортов клевера лугового при интенсивной (трехукосной) схеме травопользования, в среднем за второй и третий годы жизни

Сорт	Выход абсолютно-сухого вещества по укосам, т/га			
	Первый	Второй	Третий	В сумме за три укоса
ВИК 7 (контроль)	4,06	2,88	1,83	8,77
Трифон	4,28	3,59	1,28	9,15
Шанс	3,81	3,29	1,04	8,14
Кретуновский	5,19	4,21	1,48	10,88
Дымковский	4,65	2,40	0,94	7,99
Крыния	5,44	3,99	1,59	11,02
Даяна	4,95	4,11	1,81	10,87
Милена	5,57	4,41	2,01	11,99
Близард	5,71	4,01	2,65	12,37
Среднее по опыту	4,86	3,65	1,63	10,14

Усредненные двухлетние данные по суммарному сбору сухого вещества, наглядно показывают высокий уровень агрономической эффективности применения в агроклиматических условиях серых лесных почв Брянской области для клевера лугового трехукосной схемы травопользования. Так, суммарный урожай сухого вещества составил, в среднем за два года от 7,99 до 12,37 т/га, при среднесортной урожайности 10,14 т/га. Большинство сортов, рассмотренных в опыте, обеспечивали, свыше 10 тонн сухого вещества с гектара, что позволяет характеризовать их травостои как высокопродуктивные. Сорта Крыния, Кретуновский, Даяна, Милена и Близард, сформировали в среднем за двухлетний период пользования 11-12 т/га сухого вещества.

В целом, сравнивая изучаемые сорта клевера лугового, надо отметить, что в условиях серых лесных почв Брянской области наиболее высокую продуктивность в среднем за два года пользования показали сорта зарубежной селекции Милена и Близард, а так же сорт российской селекции Кретуновский.

Заключение

Для расширения применения культуры клевера лугового в планировании зеленого и сырьевого конвейеров, в агроклиматических условиях серых лесных почв Брянской области, возможна трехукосная схема травопользования. Для интенсивного (трехукосного) использования следует рекомендовать отечественный сорт клевера лугового Кретуновский и сорта зарубежной селекции Даяна, Милена и Близард. Эти сорта формируют не менее трех укосов за двухлетний период пользования, обеспечивая при этом урожайность свыше 50 т/га зеленой массы и более 11 т/га сухого вещества.

Литература

1. Кутузова А.А., Шпаков А.С., Косолапов В.М. [и др.] Состояние и перспективы развития кормопроизводства в Нечернозёмной зоне РФ. // Кормопроизводство. – 2021. – № 2. – С. 3-9.
2. Шпаков А.С., Воловик В.Т. Системы кормопроизводства в специализированных животноводческих хозяйствах. // Кормопроизводство. – 2020. – № 3. – С. 15-19.
3. Прудников А.Д., Прудникова А.Г., Перепичай М.И. [и др.]. Клевер луговой – важнейшая кормовая культура в западной части Нечерноземной зоны // Аграрная наука. – 2024. – № 3. – С. 134-140. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-380-3-134-140.
4. Заикин В.П., Лисина А.Ю., Борисова Е.Е., Мартынянчев А.В. О законе севооборота: уточнение формулировки, роли клевера лугового при создании плодосменных звеньев. // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 9(148). – С. 30-42. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-9-30-42.
5. Дьяченко В.В., Нечаев М.М., Милехина Н.В [и др.] Формирование урожая кормовой массы сортов клевера лугового второго года жизни при интенсивной схеме использования // Вестник Брянской ГСХА. – 2024. – № 2(102). – С. 24-30.
6. Дьяченко В.В., Ляшкова Т.В. Влияние борофоски на урожайность сортов клевера лугового в условиях серых лесных почв. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 1(21). – С. 74-80.
7. Эседуллаев С.Т. Продуктивность клеверов различного типа спелости и их влияние на плодородие почв в Верхневолжье. // Земледелие. – 2024. – № 4. – С. 43-47. – DOI 10.24412/00443913-2024-4-43-47.
8. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Результаты агроэкологического испытания сортов клевера лугового в условиях Среднего Предуралья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1(61). – С. 35-39. – DOI 10.18286/1816-4501-2023-1-35-39.
9. Новоселов М.Ю., Дробышева Л.В., Старшинова О.А., Однорова А.А. Основные направления в создании исходного материала клевера лугового методом полиплоидизации. // Кормопроизводство. – 2024. – № 1. – С. 42-47. – DOI 10.30906/1562-0417-2024-1-42-47.
10. Мазин А.М. Оценка сортов клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) иностранной селекции в коллекционном питомнике Псковского НИИСХ. // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2(35). – С. 22-30.

Refertnces

1. Kutuzova A.A., Shpakov A.S., Kosolapov V.M. The state and prospects of development of feed production in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. *Kormoproizvodstvo*, 2021, no. 2, pp. 3-9. (In Russian)
2. Shpakov A.S., Volovik V.T. Feed production systems in specialized livestock farms. *Kormoproizvodstvo*, 2020, no. 3, pp. 15-19. (In Russian)
3. Prudnikov A. D., Prudnikova A. G., Perepichai M. I. Meadow clover is the most important forage crop in the western part of the Non-Chernozem zone. *Agrarnaya nauka*, 2024, no. 3, pp. 134-140. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-380-3-134-140. (In Russian)
4. Zaikin V.P., Lisina A. YU., Borisova E.E., Mart'yanychev A.V. On the law of crop rotation: clarification of the wording, the role of meadow clover in the creation of fruit-bearing links. *Vestnik NGIE*, 2023, no. 9(148), pp. 30-42. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-9-30-42. (In Russian)
5. D'yachenko V.V., Nechaev M.M., Milekhina N.V. Formation of the harvest of the fodder mass of meadow clover varieties of the second year of life with an intensive use scheme. *Vestnik Bryanskoï GSKHA*, 2024, no. 2(102), pp. 24-30. (In Russian)
6. D'yachenko V.V., Lyashkova T.V. The effect of borofoska on the yield of meadow clover varieties in conditions of gray forest soils. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2017, no. 1(21), pp. 74-80. (In Russian)
7. Esedullaev S. T. The productivity of clovers of various types of ripeness and their effect on soil fertility in the Upper Volga region. *Zemledelie*, 2024, no. 4, pp. 43-47. – DOI 10.24412/00443913-2024-4-43-47. (In Russian)

8. Kasatkina N.I., Nelyubina ZH. S. The results of agroecological testing of meadow clover varieties in the conditions of the Middle Urals. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2023, no. 1(61), pp. 35-39. – DOI 10.18286/1816-4501-2023-1-35-39. (In Russian)
9. Novoselov M. YU., Drobysheva L. V., Starshinova O. A., Odnovorova A. A. The main directions in the creation of the source material of meadow clover by the method of polyploidization. *Kormoproizvodstvo*, 2024, no. 1., pp. 42-47. – DOI 10.30906/1562-0417-2024-1-42-47.
10. Mazin A.M. Evaluation of meadow clover varieties (*Trifolium pratense* L.) of foreign breeding in the collection nursery of the Pskov Research Institute of Agricultural Sciences. *Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2021, no. 2(35), pp. 22-30.

ФУНГИЦИД С ВЫСОКОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПРОТИВ ГРИБКОВЫХ БОЛЕЗНЕЙ В ПОСЕВЕ ЛЮПИНА БЕЛОГО

Л.И. ПИМОХОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID ID 0000-0002-9565-8176, lupin.fitopat@mail.ru

М.Ю. АНИШКО, доктор сельскохозяйственных наук,

ORCID ID 0000-0002-5803-0507, lupin_mail@mail.ru

Н.В. МИСНИКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID ID 0000-0001-5746-6539, lupin_nvmisnikova@mail.ru

Ж.В. ЦАРАПНЕВА, старший научный сотрудник, ORCID ID 0000-0002-0311-5896,

Н.И. ХАРАБОРКИНА, научный сотрудник, ORCID ID 0000-0001-5213-4017

ВНИИ ЛЮПИНА – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ ВИК ИМ. В.Р. ВИЛЬЯМСА», БРЯНСК

***Аннотация.** Представлены результаты лабораторного и полевого изучения эффективности фунгицида Азорро КС (концентрат суспензии) против антракноза и других болезней люпина. Цель исследований – выявить биологическую и продукционную эффективность фунгицида Азорро против антракноза и других болезней люпина белого, установить высокоэффективную норму его применения для включения в технологию возделывания. Работу проводили в 2022-2024гг. в условиях Брянской области. Объект изучения – проростки и вегетирующие растения люпина белого сорта Мичуринский. Для определения эффективности лечебного и защитного действия фунгицида Азорро КС (карбендазим + азоксистробин, 300 +100 г/л) в лабораторных опытах изучали четыре нормы - 0,5; 0,8; 1,0; 1,5л/га. Биологическую эффективность определяли по количеству пораженных проростков, выращенных в бумажно-полиэтиленовых рулонах, в сравнении с контролем (без обработки фунгицидом). Высокую биологическую эффективность лечебного и защитного действия (96,8 и 98,9%) против возбудителя антракноза показала максимально взятая норма – 1,5 л/га, что выше соответственно на 2,3 и 2,9% эффективности эталонного фунгицида Колосаль Про - 0,4 л/га. В полевом опыте фунгицид Азорро (1,5 л/га) применяли в фазы «1-2 пар настоящих листьев» и «бутонизация», действие фунгицида определяли в сравнении с контролем без обработки. Биологическая эффективность Азорро против антракноза составила 94,0%, что на 3,0% выше эталонного фунгицида. В фазу «блестящий боб» количество пораженных антракнозом бобов при обработке Азорро уменьшилось до 1,1%, при 62,9% в контроле. Поражение растений фузариозом сократилось с 18,5 до 6,8% в варианте с Азорро. Распространение на бобах серой и белой гнили сократилось соответственно в 2,5-7,0 раз. Сохранность продуктивных растений к уборке увеличилось на 46,3%. Получена прибавка урожайности семян – 1,25 т/га (НСР₀₅-0,033), окупаемость затрат составила 5,94 рубля с гектара.*

Ключевые слова: люпин белый, патогены, антракноз, препарат, эффективность, урожайность.

Для цитирования: Пимохова Л.И., Анишко М.Ю., Мисникова Н.В., Царапнева Ж.В., Харaborкина Н.И. Фунгицид с высокой активностью против грибковых болезней в посевах люпина белого. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):102-110. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-102-110

FUNGICIDE WITH HIGH ACTIVITY AGAINST FUNGAL DISEASES IN WHITE LUPINE CROP

L.I. Pimokhova, M.Yu. Anishko, N.V. Misnikova, Zh.V. Tsarapneva, N.I. Kharaborkina

FSBSI «ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN» – BRANCH OF FSBSI
«FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND
AGROECOLOGY»

Abstract: The results of laboratory and field study of Azorro KS fungicide efficacy (suspension concentrate) against anthracnose and other diseases of lupine are presented. The aim of the research is to reveal biological and production efficiency of Azorro fungicide against anthracnose and other diseases of white lupine, to establish a highly effective rate of its application for inclusion in the cultivation technology. The work was carried out in 2022-2024 in the conditions of Bryansk region. The object of study - seedlings and vegetative plants of white lupine of Michurinsky variety. To determine the effectiveness of the curative and protective effect of fungicide Azorro KS (carbendazim + azoxystrobin, 300 +100 g/l), four rates - 0.5; 0.8; 1.0; 1.5 l/ha - were studied in laboratory experiments. Biological efficiency was determined by the number of affected seedlings grown in paper-polyethylene rolls compared to the control (without fungicide treatment). High biological efficiency of therapeutic and protective action (96.8 and 98.9%) against anthracnose pathogen was shown by the maximum taken rate - 1.5 l/ha, which is higher by 2.3 and 2.9%, respectively, than the efficiency of the reference fungicide Colosal Pro - 0.4 l/ha. In the field experiment fungicide Azorro (1.5 l/ha) was applied in the phases '1-2 pairs of true leaves' and 'budding', the effect of fungicide was determined in comparison with the control without treatment. The biological efficiency of Azorro against anthracnose was 94.0%, which is 3.0% higher than the reference fungicide. In the 'shiny bean' phase, the number of beans affected by anthracnose decreased to 1.1% when treated with Azorro, compared to 62.9% in the control. Fusarium plant damage was reduced from 18.5 to 6.8 % in the variant with Azorro. The spread of grey and white rot on beans was reduced by 2.5 7.0 times, respectively. Preservation of productive plants by harvesting increased by 46.3%. Seed yield increase of 1.25 tonnes/ha (NSR05-0.033) was obtained, cost recovery was 5.94 rubles from ha.

Keywords: white lupine, pathogens, anthracnose, preparation, efficiency, yields.

Введение

Люпин белый (*Lupinus albus* L.) высокобелковая зернобобовая культура. Семена содержат 36-42% белка. Современные сорта люпина белого Мичуринский, Алый парус и Пилигрим обладают высоким потенциалом продуктивности. В отличие от сои семена люпина белого почти не содержат ингибиторов трипсина, что позволяет использовать их на корм животным без термической обработки. В настоящее время в условиях санкций люпин целесообразно рассматривать в качестве альтернативы сое [1, 2, 3]. Расширение посевных площадей и продуктивность люпина белого сдерживается болезнями. Самой вредоносной из них является антракноз. Возбудитель болезни гриб *Colletotrichum lupini* var. *Lupini* поражает все надземные органы растения, с образованием в ткани большого количества репродуктивного спороношения. Патоген интенсивно развивается при температуре воздуха 18-25°C и влажности 80-95%. Урожайность может снижаться на 40-98% [1, 3, 4]. В настоящее время нет сортов люпина белого с абсолютной устойчивостью к данному грибковому заболеванию.

Большой урон посевам люпина белого наносит и фузариоз, поражая корневую систему растения и надземную часть. Болезнь вызывается несовершенными грибами из рода *Fusarium* (*F. avenaceum* Sacc., и *F. oxysporum* Schl). Развитие патогенов усиливается при смене засушливых погодных условий на избыточно влажные, что приводит к заражению растений и их гибели, значительному снижению урожайности люпина [5, 6, 7].

В годы с повышенным выпадением осадков во второй половине лета, эта культура сильно поражается серой (*Botrytis cinerea* Per) и белой (*Sclerotinia Libertiana* Fuck) гнилью. Потери урожая семян могут варьировать от 18,6 до 34,7% [1]. Создание благоприятной обстановки в посевах люпина позволяет получить высокий и качественный урожай этой культуры. [8, 9, 10]. Возделывать люпин и другие полевые культуры и ежегодно получать

планируемый урожай невозможно без применения высокоэффективных фунгицидов [11, 12]. В Российской Федерации для защиты посевов люпина разрешено ограниченное количество фунгицидов и многие из них имеют низкую эффективность против антракноза – грибкового заболевания. Химические компании по производству средств защиты ежегодно представляют новые фунгициды с высокой эффективностью против широкого спектра патогенов для обработки посевов сельскохозяйственных культур, которые могут успешно применяться и на посевах люпина против многих болезней в том числе и антракноза. Фунгицид химической компании АО «Щелково Агрохим» Азорро, КС (концентрат суспензии) является одним из них. В его состав входит одно действующее вещество из бензимидазольной группы – карбендазим – 300 г/л и одно из группы стробилуринов – азоксистробин – 100 г/л. Данный фунгицид не только защищает посевы зерновых культур от комплекса патогенной микофлоры, но и продлевает вегетацию растений, что повышает их продуктивность. Азорро при нормах расхода 0,6-1,0 л/га рекомендован для защиты посевов зерновых колосовых культур, сои и сахарной свеклы от широкого спектра болезней (Каталог продукции химической компании средств защиты растений. – М.: АО «Щелково Агрохим». - 2022).

Для защиты посевов люпина белого этот фунгицид не применялся, поэтому необходимо было изучить его защитное и лечебное действие против возбудителя антракноза и других патогенов и установить высокоэффективную норму его применения, оказывающую токсическое влияние на растения.

Цель исследования – выявить биологическую и продукционную эффективность фунгицида Азорро против антракноза и других болезней люпина белого, установить высокоэффективную норму его применения для включения в технологию возделывания.

Научная новизна – впервые изучено влияние фунгицида Азорро на люпин белый, определена высокоэффективная норма его применения против антракноза, других болезней, рост и развитие растений.

Материал и методы исследований

Исследования проводили в 2022-2024 гг. в лабораторных и полевых условиях ВНИИ люпина. Объект исследований - проростки и вегетирующие растения люпина белого сорта Мичуринский.

В лабораторных опытах эффективность фунгицида Азорро против антракноза изучали при нормах 0,5; 0,8; 1,0; 1,5 л/га. Эталон служил зарегистрированный фунгицид Колосаль Про, рекомендованный для применения на люпине с нормой 0,4 л/га. Влияние фунгицидов определяли на проростках, выращенных в бумажно-полиэтиленовых рулонах: защитное действие на 4-суточных здоровых, лечебное – на 3-суточных зараженных проростках. В первом случае здоровые проростки погружали в рабочий раствор фунгицида и возвращали их на рулон. Проростки контрольного варианта погружали в дистиллированную воду. Затем, через 30 минут, на проростки во всех вариантах наносили суспензию спор гриба *S. lupini* с титром 5×10^6 . Во втором случае проростки, зараженные антракнозом, погружали в раствор фунгицида и возвращали на рулон. Рулоны с проростками закручивали и помещали обратно в кюветы. Учет поражения проростков антракнозом проводили через 7 суток по морфологическим признакам спороношения в световом микроскопе. Объем выборки проростков на вариант – 180 штук – 6 рулонов по 30 проростков (Г.И. Гаджиева, Н.С. Гутковская, 2013; М.К. Хохряков, 1976).

В полевом опыте фунгицид Азорро изучали при норме расхода 1,5 л/га. Площадь делянки 32 м², повторность 4-х кратная. Почва участка серая лесная легкосуглинистая с содержанием подвижных форм фосфора – 10,8 мг/100 г почвы, гумуса – 2,5% (ГОСТ Р 54650-2011. Почвы, 2012). Норма высева – 1,0 млн. всхожих семян/га. Инфицированность семян антракнозом в зависимости от года составляла от 8 до 14%. Посев проводили сеялкой СН-16. Токсическое действие фунгицида и эффективность против болезней определяли в разные фазы развития люпина (Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб., 2009). Возбудителей заболеваний определяли по

характерным признакам поражения растений, при необходимости уточнения использовали влажную камеру и световой микроскоп (О.В. Кунгурцева, 2002; А.Е. Чумаков, 1974). Обработку посева фунгицидом проводили ручным опрыскивателем из расчета расхода рабочего раствора 250 л/га. Урожайность семян определяли путем сплошного обмолота бобов с каждой делянки комбайном «Сампо-500». Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа (Б.А. Доспехов, 1985).

Результаты исследований и их обсуждение

Лабораторным опытом установлено, что фунгицид Азорро обладает высокой активностью против возбудителя антракноза. Наибольшую эффективность против этого патогена показала максимальная норма применения фунгицида – 1,5 л/га. Биологическая эффективность защитного и лечебного действия составила 98,9 и 96,8% соответственно – выше на 2,9 и 2,3% эффективности эталонного фунгицида Колосаль Про – 0,4 л/га. В опыте использовали семена с инфекцией антракноза 79,3%. Во время учета количество проростков с признаками болезни в вариантах с фунгицидом Азорро сократилось до 2 и 17 шт., в контроле таких проростков составило 143 шт. (88,1%). На пораженных грибом проростках наблюдались темно-коричневые пятна со спорами патогена на гипокотиле, семядольных и настоящих листьях. Изучаемый фунгицид Азорро стимулировал рост проростков люпина белого. Наибольшее увеличение длины гипокотил проростков к контролю отмечали в варианте с нормой фунгицида 1,5 л/га. При изучении защитного и лечебного действия фунгицида длина гипокотил проростков достоверно ($HCp_{05} = 0,41$ и $0,46$) увеличилась на 14,2 и 9,4 мм, в эталонном варианте длина проростков уменьшилась на 9,1 и 7,6 мм соответственно. Ингибирующее влияния на рост проростков люпина оказывает действующее вещество фунгицида Колосаль Про – тебуконазол, подавляет биосинтез гормона роста гибберелина [13]. Основываясь на полученных результатах лабораторных испытаний, в полевом опыте фунгицид Азорро изучали с нормой 1,5 л/га.

В период проведения полевых исследований климатические условия были благоприятны для развития гриба *Colletotrichum lupini* и многих других патогенов в посевах люпина.

Вегетационный период 2022 года был теплым и влажным (ГТК 1,43). Однако май был холодным и избыточно-влажным. Температура воздуха была ниже среднемноголетних значений на 2,7°C, осадков выпало больше нормы на 30,5 мм (табл. 1).

Июнь отличался жаркими и влажными условиями. Температура воздуха превышала среднемноголетнюю на 1,8°C, осадков выпало (89,8 мм) больше нормы на 16,8 мм. Поэтому первые признаки поражения растений люпина были отмечены в первую декаду июня. На черешках листьев и листовых пластинках наблюдались пятна оранжевого цвета со спорношением гриба. Влажные и теплые условия были и в июле (ГТК 1.52), которые были благоприятны для распространения антракноза.

Таблица 1

Погодные условия вегетационного периода люпина белого сорт Мичуринский

Годы	Месяцы									Гидротермический коэффициент (ГТК)
	Среднесуточная температура воздуха, °C				Осадки, мм					
	Май	Июнь	Июль	Август	Май	Июнь	Июль	Август	Всего	
2022	11,4	19,4	18,7	20,8	83,5	89,8	83,4	16,2	272,9	1,43
2023	13,1	17,1	18,7	20,4	10,4	66,3	82,4	93,5	252,6	1,15
2024	13,1	19,4	22,1	19,6	42,6	133,6	52,6	28,6	257,4	1,23
Среднемноголетние значения	14,1	17,6	19,5	18,0	53,0	73,0	87,0	60,0	296,0	-

В этот период проходила фаза образования бобов люпина. На молодых бобах происходило интенсивное развитие патогена. Засушливые условия августа (ГТК 0,26) оказали отрицательное влияние на развитие антракноза, белой и серой гнили.

Погодные условия 2023 года были теплыми и влажными. При этом май отличался недостатком тепла (температура воздуха $-13,1^{\circ}\text{C}$) и влаги (осадков выпало 10,4 мм). В июне температура воздуха была ниже нормы на $0,5^{\circ}\text{C}$, осадков выпало 66,3 мм. Условия вегетации в июле были теплыми и влажными (ГТК 1,44). В период конец цветения начало образования бобов на главном побеге люпина поражение растений антракнозом составило 16,7%. Образовавшиеся розовые пятна гриба на молодых растущих стеблях вызывали его искривление. Молодые бобы в местах проникновения гриба деформировались, приобретая различную форму. На бобах появлялись вдавленные пятна с обильным оранжевым спороношением гриба (рис. 1).



Рис. 1. Поражение антракнозом люпина белого сорта Мичуринский: а) искривление главного стебля растений в фазу цветения; б) деформация молодых бобов в фазу сизого боба

Достаточное количество тепла и влаги в первую и третью декады августа (ГТК – 1,08 и 3,09) не способствовали увеличению поражения антракнозом бобов, поскольку растения люпина находились в фазе блестящего боба и их ткани в этот период резистентные к данной болезни. Количество пораженных бобов этим патогеном составило 4,1%.

Условия вегетационного периода 2024 года характеризовались достаточным количеством тепла и влаги (ГТК – 1,23). При этом распределение тепла и влаги было неравномерным. Май отличался недостатком тепла и влаги. Осадков выпало меньше нормы на 10,4 мм. Июнь был теплым и избыточно влажным. Температура воздуха была выше многолетних значений на $1,8^{\circ}\text{C}$, а осадков выпало больше нормы на 60,6 мм, что способствовало распространению проявившейся семенной инфекции антракноза на семядолях и гипокотиле растений по всему посеву. Наибольшее количество пораженных растений этим заболеванием люпина белого было отмечено в конце цветения и составило 27,3%.

Прошедшие дожди с порывами ветра в июле распространили споры гриба (*C. lupini*) на растущие бобы. Количество бобов с признаками антракноза в фазу блестящего боба составило 63,3% (рис. 2).



Рис. 2. Поражение антракнозом (*S. lupini*) растений люпина белого в фазу – блестящего боба

В августе условия вегетации были жаркими и засушливыми. Температура воздуха превосходила среднемноголетние значения на 2,6 и 1,6°C. Поражение бобов люпина белого серой гнилью было незначительным и составило соответственно 0,7 и 1,7%. В период цветения – сизого боба гриб *F. oxysporum* вызывал трахеомикозное увядание растений, которое составило 19,1%.

Наступление теплой погоды с частыми дождями в период вегетации способствует активному развитию и распространению на посевах люпина заболевания – антракноз, что приводит к значительным потерям урожая. В связи с этим необходимо проводить обработки посевов высокоэффективными фунгицидами, начиная с ранних фаз развития культуры [4, 11, 12].

В годы проведения исследований благоприятные погодные условия для развития многих болезней на люпине белом в том числе и антракноза складывались во вторую половину вегетации культуры.

В среднем за годы исследований поражение растений антракнозом в контрольном посеве было на 13,7% меньше, чем поражение бобов. В варианте с фунгицидом Азорро (1,5 л/га) на посевах люпина белого в период стеблевания – цветения количество пораженных растений антракнозом и фузариозом уменьшилось с 49,2 и 18,5% в контролях до 2,9 и 6,8% (табл. 2).

Таблица 2

Биологическая эффективность фунгицидов против комплекса болезней люпина белого сорта Мичуринский (полевой опыт, среднее за 2022-2024 гг.).

Вариант	Норма, л/га	Поражение болезнями в фазы роста и развития, %					Эффективн ость против антракноза, %
		Стеблевание-цветение		Блестящий боб			
		Антракноз	Фузариоз	Антракноз	Серая гниль	Белая гниль	
Контроль	-	49,2	18,5	62,9	1,0	0,7	-
Колосаль Про-эталон	0,4	4,5	9,3	5,4	0,3	0,2	91,0
Азорро	1,5	2,9	6,8	1,1	0,4	0,1	94,0
НСР ₀₅	-	0,764	0,782	0,940	-	-	-

Биологическая эффективность фунгицида Азорро против гриба (*C. lupini*) в период стеблевания – цветения превысила эталонный фунгицид на 3,0% и составила 94,0%. В фазу блестящий боб в варианте с изучаемым фунгицидом количество бобов, пораженных антракнозом, составило 1,1% при 62,9% в контроле. Данный фунгицид уменьшал поражение бобов серой гнилью на 60% и белой – на 86%. Использование для защиты посева люпина белого фунгицида Азорро позволило значительно сократить поражение его болезнями и к уборке урожая сохранить больше продуктивных растений. Количество продуктивных растений в данном варианте составило 55,3 шт/м², в контроле 37,8 шт/м², количество бобов соответственно составило 4,4 и 2,8 штук на растении (табл. 3).

Таблица 3

Действие фунгицидов на рост растений и урожайность люпина белого сорта Мичуринский (полевой опыт, в среднем за 2022-2024 гг.)

Вариант	Высота растений в фазу полной спелости, см	Продуктивные растения к уборке, штук/м ²	Количество бобов на растении, штук	Урожайность семян, т/га	Прибавка урожая, т/га	Окупаемость затрат, руб/руб
Контроль	47,4	37,8	2,8	0,95	-	-
Колосаль Про (0,4л/га)-эталон	44,5	48,7	3,7	1,81	0,86	7,89
Азорро (1,5л/га)	47,5	55,3	4,4	2,20	1,25	5,94
НСР ₀₅	0,768	0,678	0,595	0,033	-	-

При этом высота растений была на уровне контрольного посева, тогда как высота растений в варианте с эталонным фунгицидом была достоверно меньше на 2,9 см.

Использование фунгицида Азорро – 1,5 л/га для защиты посева люпина белого от многих болезней, в том числе и антракноза, позволило получить прибавку урожая семян 1,25 т/га и окупить затраты.

Заключение

Проведенные исследования фунгицида Азорро в лабораторных и полевых опытах установили его высокое защитное и лечебное действие против грибкового заболевания – антракноз люпина белого. Наибольшую биологическую эффективность данный фунгицид показал при норме применения 1,5 л/га. В среднем за годы изучения его биологическая эффективность против возбудителя антракноза в период стеблевания – цветения и блестящего боба соответственно составила 94,0 и 98,2%. Поражение растений фузариозом сократилось в 2,7 раза, распространение на бобах серой и белой гнили снизилось на 60 и 86% соответственно. Увеличилась сохранность продуктивных растений к фазе полной спелости на 17,5 шт. по сравнению с контролем, что позволило получить прибавку урожая семян 1,25 т/га и окупить затраты в размере 5,94 рубля на каждый дополнительно вложенный рубль с гектара.

Полученные результаты по биологической эффективности фунгицида Азорро (1,5 л/га) против грибкового заболевания – антракноз и других болезней люпина белого позволят его производителям провести регистрацию на территории РФ для защиты посева этой культуры от комплекса болезней.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FGGW-2025-0003 «Научная теория и биологические основы разработки адаптивных технологий производства

высококачественных семян сортов нового поколения наиболее значимых сельскохозяйственных культур на базе оптимизации структуры их семенных агрофитоценозов с учетом агроэкологических требований возделывания в субъектах Российской Федерации».

Литература

1. Косолапов В.М., Яговенко Г.Л., Лукашевич М.И., Агеева П.А., Новик Н.В., Мисникова Н.В., Слесарева Т.Н., Исаева Е.И., Такунов И.П., Пимохова Л.И., Яговенко Т.В. Люпин: селекция, возделывание, использование. // - Брянск, ГУП «БОПО», – 2020. – 304 с.
2. Купцов Н.С., Пашкевич А.П., Шор В.Ч., Крицкий М.Н., Лапытько А.В. Люпин белый – ценная маслично-белковая культура. // Приложение к журналу «Земледелие и защита растений». – 2020. – № 1. С. 23-27.
3. Кублин И.М., Прушак О.В., Санинский С.А. Люпин: переворот в производстве белковых кормов для сельскохозяйственной отрасли. // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 6. – С. 32-39. DOI: 10.28983/asj. y2024ibpp.32-39
4. Пимохова Л.И., Яговенко Г.Л., Царапнева Ж.В., Хараборкина Н.И., Мисникова Н.В. К вопросу о выживаемости возбудителя антракноза люпина гриба *Colletotrichum lupini* var. *lupini* в условиях Брянской области. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53. № 9. - С. 49–59. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-9-6. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48021400>
5. Пимохова Л.И., Мисникова Н.В., Царапнева Ж.В., Хараборкина Н.И. Развитие и распространение фузариоза в посевах белого люпина при разных погодных условиях Брянской области. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024 - 3(51) – С. 48-57. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-48-57
6. Taylor J. L., De Angelis G., Nelson M. N. How have narrow-leafed lupin genomic resources enhanced our understanding of lupin domestication? *The Lupin Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer Cham. 2020; 95-108. DOI: 10.1007/978-3-030-21270-4_8.
7. Alkemade J.A., Messmer M. M., Voegelé R.T., Finckh M.R., Hohmann P. Genetic diversity of *Colletotrichum lupini* and its virulence on white and Andean lupin. *Scientific Reports*. 2021;11:13547. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92953-y>
8. Головина Е.В., Беляева Р.В. Симбиотическая деятельность и формирование урожая люпина узколистного и сои в контрастных погодных условиях. // Земледелие. – 2022. – № 6. – С. 31-36. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-31-36.
9. Костин Н.К., Чебаненко С.И. Фитосанитарный мониторинг посевов люпина. //Современные исследования: теория и практика. «Новая наука». – 2023. – С. 13-143. DOI 10.46916/31102023-1-978-5-00215-132-5
10. Шевцова М.С. Фитосанитарная ситуация в агроценозах многолетних трав в экстремальных условиях Юга Средней Сибири. // Кормопроизводство. – 2024. – №2. – С.33-38.
11. Архангельская А.С., Резвякова С.В., Стебаков В.А. Влияние защитных мероприятий на урожайность люпина белого Дега. // Вестник аграрной науки. – 2021. – 2 (89). – С. 16-22. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.16
12. Купцов Н.С., Шор В.Ч. Антракноз люпина и как с ним бороться: <http://mshp.gov.by/information/materials/zem/plantprotection/c2d43f0a1321ef9f.html> (дата обращения 24.09.2023г.)
13. Побежимова Т.П., Корсукова А.В., Дорофеев Н.В., Грабельных О.И. Физиологические эффекты действия на растения фунгицидов триазольной природы. // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биология. – 2019. – 9(3). – С. 461-476. DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-3-461-476> EDN: VLYINU

References

1. Kosolapov V.M., Yagovenko G.L., Lukashevich M.I., Ageeva P.A., Novik N.V., Misnikova N.V., Slesareva T.N., Isaeva E.I., Takunov I.P., Pimokhova L.I., Yagovenko T.V. Lupine: selection, cultivation, utilisation. Bryansk, GUP «BOPO», 2020, 304 p.

2. Kuptsov N.S., Pashkevich A.P., Shor V.Ch., Kritskii M.N., Lapyt'ko A.V. White lupine - a valuable oil-protein crop. Supplement to the journal «*Zemledelie i zashchita rastenii*», 2020, no. 1, pp. 23-27.
3. Kublin I.M., Prushak O.V., Saninskii S.A. Lupin: a revolution in protein feed production for the agricultural industry. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*. 2024, no. 6, pp. 32-39. DOI: 10.28983/asj.y2024i6 pp.32-39
4. Pimokhova L.I., Yagovenko G.L., Tsarapneva Zh.V., Kharaborkina N.I., Misnikova N.V. To the question of survival of the causative agent of anthracnose of lupine fungus *Colletotrichum lupini* var. *lupini* in conditions of Bryansk region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2023, v. 53, no. 9, pp. 49-59. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-9-6. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48021400>
5. Pimokhova L.I., Misnikova N.V., Tsarapneva Zh.V., Kharaborkina N.I. Development and distribution of fusarium in white lupine crops under different weather conditions in Bryansk region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2024, no. 3(51), pp. 48-57. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-48-57
6. Taylor J.L., De Angelis G., Nelson M. N. How have narrow-leaved lupin genomic resources enhanced our understanding of lupin domestication? *The Lupin Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer Cham. 2020; 95-108. DOI:10.1007/978-3-030-21270-4_8.
7. Alkemade J.A., Messmer M.M., Voegelé R.T., Finckh M.R., Hohmann P. Genetic diversity of *Colletotrichum lupini* and its virulence on white and Andean lupin. *Scientific Reports*. 2021;11:13547. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92953-y>
8. Golovina E.V., Belyaeva R.V. Symbiotic activity and yield formation of narrow-leaved lupin and soybean under contrasting weather conditions. *Zemledelie*. 2022, no.6, pp.31-36. Doi: 10.24412/0044-3913-2022-6-31-36.
9. Kostin N.K., Chebanenko S.I. Phytosanitary monitoring of lupine crops. Modern research: theory and practice. «Novaya nauka». 2023, pp.13-143. DOI 10.46916/31102023-1-978-5-00215-132-5
10. Shevtsova M.S. Phytosanitary situation in agrocenoses of perennial grasses in extreme conditions of South Middle Siberia. *Kormoproizvodstvo*. 2024, no.2, pp.33 - 38.
11. Arkhangel'skaya A.S., Rezvyakova S.V., Stebakov V.A. Influence of protective measures on yield of white lupine Degas. *Vestnik agrarnoi nauki*. 2021, no.2 (89), pp. 16-22. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.16
12. Kuptsov N.S., Shor V.Ch. Anthracnose of lupine and how to control it: <http://mshp.gov.by/information/materials/zem/plantprotection/c2d43f0a1321ef9f.html> (accessed 24.09.2023)
13. Pobezhimova T.P., Korsukova A.V., Dorofeev N.V., Grabel'nykh O.I. Physiological effects of triazole fungicides on plants. *Izvestiya VUZov. Prikladnaya khimiya i biologiya*. 2019, no.9(3), pp. 461-476. DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-3-461-476> EDN: VLYINU

НОВАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ БОЧКИ ДОБЕНЕКА

В.А. РАДОВНЯ, кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID ID: 0000-0002-1681-0118, E-mail: wladrad@tut.by

УО «БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»,
Г. ГОРКИ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

Аннотация. Бочка Добенека длительное время являлась моделью Закона минимума Либиха. В последние годы Закон минимума получил существенное развитие, соответственно, требуется провести усовершенствование бочки Добенека. Главным недостатком модели «бочка Добенека», является то, что она слишком механистична и статична, поэтому не учитывает адаптивные качества растений. Нами предложено новое изображение бочки Добенека: внесены дополнительные элементы ([сучок], [щель] [кран]), в дополнение длины клёпки введен параметр её ширины, клёпки получили фасонную (криволинейную) форму. Модель стала динамической. Каждый элемент модели получил экологическое обоснование: вода – урожай растения (посева), бочка – посев растений в границах агроэкосистемы, клёпки – доступные для растений ресурсы, обручи – регуляторные экологические механизмы экосистемы, щели и сучки – стрессы, вызванные неоптимальным соотношением или количеством факторов среды, кран – отчуждение части урожая с поля. В новой модели использована естественная способность древесины разбухать (взаимодействовать с водой), что позволяет бочке «самостоятельно заделывать» имеющиеся щели и выпавшие сучки и изменять размер клёпок в зависимости от текущей обеспеченности ресурсами. Таким образом, модель предполагает активную адаптацию растений к условиям произрастания. Площадь клёпки характеризует количество доступных для растения факторов жизни за период его вегетации, поэтому обусловлена двумя компонентами – генетической и экологической. Лимитирующими факторами в новой модели являются: наименьшая ширина клёпки (количество доступного фактора жизни), щель (неоптимальное соотношение факторов жизни), выпавший сучок (избыточное давление нескольких факторов или недостаток одного фактора). Новая бочка Добенека поясняет ряд законов земледелия и ориентирована в первую очередь на использование в учебном процессе. Кроме того, новая модель может использоваться для теоретических исследований – обосновывать существующие понятия и вводить новые, выступать в качестве самостоятельного объекта исследований.

Ключевые слова: Бочка Добенека, модель растения, Закон минимума Либиха, парадигма лимитирующих факторов, законы земледелия, стресс.

Для цитирования: Радовня В.А. Новая интерпретация бочки Добенека. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):111-120. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-111-120

A NEW INTERPRETATION OF THE DOBENEK BARREL

V.A. Radovnya

EDUCATIONAL INSTITUTION «BELARUSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY»,
Gorki, Republic of Belarus

Abstract: Dobenek Barrel has long been a model of the Liebig's Law of the Minimum. In recent years, the Minimum Law has been significantly developed, and accordingly, it is necessary to improve Dobenek Barrel. The main disadvantage of the Dobenek Barrel model is that it is too mechanical and static, therefore it does not take into account the adaptive qualities of plants. We

have suggested a new image of Dobenek Barrel: additional elements have been introduced ([knot], [gap] [tap]), in addition to the length of the rivet, the parameter of its width has been introduced, the rivets have received a shaped (curvilinear) form. The model became dynamic. Each element of the model received an ecological justification: water is the plant's harvest (crop), a barrel is the crop of plants within the boundaries of an agroecosystem, rivets are resources available to plants, hoops are regulatory ecological mechanisms of the ecosystem, cracks and knots are stresses caused by a non-optimal ratio or quantity of environmental factors, a tap is the alienation of part of the crop from the field. The new model uses the natural ability of wood to swell (interact with water), which allows the barrel to “self-seal” existing cracks and fallen knots and change the size of the rivets depending on the current resource availability. Thus, the model assumes active adaptation of plants to growing conditions. The area of the stave characterizes the number of life factors available to the plant during its vegetation period, therefore it is determined by two components - genetic and ecological. The limiting factors in the new model are: the smallest width of the riveting (the amount of available life factor), the gap (non-optimal ratio of life factors), the fallen knot (excessive pressure of several factors or a deficiency of one factor). The new Dobenek Barrel explains a number of agricultural laws and is primarily aimed at use in the educational process. In addition, the new model can be used for theoretical research - to substantiate existing concepts and introduce new ones, and act as an independent object of research.

Keywords: Dobenek Barrel, plant model, Liebig's Law of the Minimum, limiting factors paradigm, laws of agriculture, stress.

Бочка Добенека, являющаяся графической моделью Закона минимума (рис. 1), широко используется в образовательном процессе и научной работе. Модель отражает пропорциональный рост урожая при наличии факторов роста и выход на плато (прекращение роста) при наличии лимитирующего фактора. Однако, данная модель хорошо описывает только интенсивность протекания отдельных физиологических процессов (фотосинтез, дыхание) или рост одноклеточных организмов (водоросли), но мало применима для моделирования продукционных процессов у растений.

С момента своего появления и до настоящего времени в научной литературе имеется мнение, что парадигма лимитирующих факторов (Закон минимума) игнорирует большую гибкость растений в плане морфологической и физиологической адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды и требует пересмотра [1].

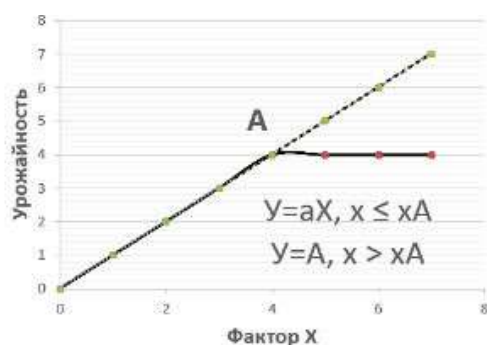


Рис. 1. Упрощенная модель формирования урожая в соответствии с Законом минимума

Вместе с тем, сторонники Закона минимума считают, что крайне неправильным упрощать Закон минимума до строгой линейной формы. Ещё Ю.Либих указывал на ограничение роста, но не полное его прекращение.

Согласно А.Gorban [2] недавно для Закона минимума была создана сильная математическая основа. В настоящее время теория лимитирующих факторов вместе со статическим и динамическим ограничением в химической кинетике рассматривается как реализация деквантования Маслова и идемпотентного анализа. Автор в своих работах по математическому обоснованию Закона минимума ввёл условное понятие «адаптационной

энергии», или «энергия адаптации Селье», подразумевая под ней внутренний ресурс, затрачиваемый растениями для своей адаптации. И уже однофакторно-ресурсные модели адаптации (по Либиху) привели к Закону толерантности.

Ранее мы пришли к выводам, что бочка Добенека в настоящее время не соответствует современным взглядам на Закон минимума, но в силу художественной выразительности обладает огромным образовательным эффектом [3]. В данной работе мы попытались усовершенствовать бочку Добенека для её применения в образовательном процессе и научной работе.

Главным недостатком модели «бочка Добенека», является то, что она слишком механистична и статична, поэтому не учитывает адаптивные качества растений. В современном виде она отражает три возможных состояния системы – накопление урожая при наличии факторов жизни, прекращение роста урожая при наличии лимитирующего фактора, потенциальный размер урожая при оптимальном значении факторов роста.

Совершенно очевидно, что усовершенствованная бочка Добенека должна базироваться не только на Законе минимума, но и на других законах земледелия и растениеводства. Только в таком случае она может стать адекватной моделью растения. В связи с этим в своей работе мы поставили следующие задачи:

1) новая модель должна быть динамической и отражать динамику формирования урожая;

2) новая модель должна быть более сложной, и, в отличие от существующей, учитывать взаимодействие факторов жизни и адаптивные свойства растений.

Основная часть

Бочка Добенека за время своего существования прошла определенный генезис и её современное изображение (рис. 2) несколько отличается от первоначально предложенного Добенека. Новыми принципиальными элементами бочки являются: [капли воды, падающие в бочку], [незавершенный верхний обруч], [клепки без надписей].

Нами предложено новое изображение бочки Добенека (рис. 3). При этом полностью сохранена структура первоначальной модели, внесены лишь некоторые дополнительные элементы ([сучок], [щель] [кран]). В дополнение длины клёпки введен параметр её ширины, а сами клёпки получили фасонную (криволинейную) форму. Это позволило существенно расширить взаимосвязи между элементами, но главное, модель стала динамической, т.е. отображает динамику накопления урожая с течением времени.

В новой модели использована естественная способность древесины разбухать (взаимодействовать с водой), что позволяет бочке «самостоятельно заделывать» образовавшиеся щели и выпавшие сучки.



Рис. 2. Бочка Добенека в современном виде (оригинальный рисунок в соответствии с [4])



Рис. 3. Новое изображение бочки Добенека (авторский рисунок)

Рассмотрим подробнее структуру и связи модели растений «бочка Добенека» в новой интерпретации (рис. 4).

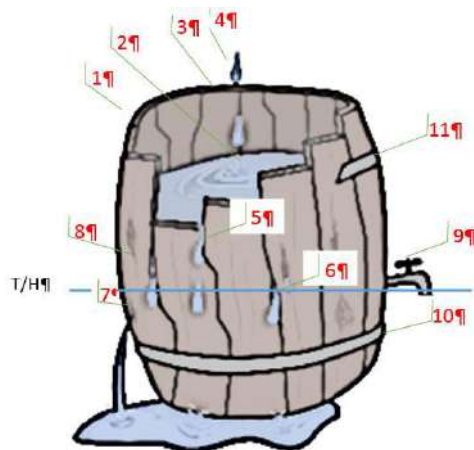


Рис. 4. Структура модели «бочка Добенека» в новой интерпретации

Обозначение	Элемент	Описание
1	Бочка, наполненная водой	ниша культурных растений в агроценозе, продуктивность посевов, ограниченная доступными факторами жизни
2	Вода в бочке	биологический урожай – масса сухого вещества растений (надземная и подземная), ещё более точно – содержание энергии в биомассе. Уровень воды в бочке связан со стадией развития и параметром времени
3.	Клёпка бочки	факторы жизни растений (в расширенном понимании), которые растение может усвоить из агроэкосистемы (свет, тепло, вода, элементы минерального и воздушного питания)
4.	Капли воды, падающие в бочку	обозначение времени и динамичности протекающих процессов, а также символ, указывающий, что агроэкосистема является открытой
5.	Капли воды, вытекающие из бочки	символ энергии, которая не усвоена посевом (недополученный урожай ввиду абиотических и биотических стрессов). Сюда не входят прямые потери хозяйственного урожая (например, осыпание зерна при перестое)
6.	Щель между клёпками	стресс растений, обусловленный недостатком факторов жизни, частично компенсирующих друг друга
7.	Выпавший сучок	стресс растений, обусловленный острым недостатком или избытком фактора жизни и малосвязанный с количеством других факторов жизни
8.	Невыпавший сучок	зона повышенной напряженности фактора жизни, возможный стресс
9.	Кран	символ агроэкосистемы, в которой проводится уборка урожая (отчуждение энергии из системы)
10.	Нижний обруч (сплошной)	символ регуляторных экологических механизмов, обеспечивающих стабильность экосистем
11.	Верхний обруч (разорван)	символ регуляторных экологических механизмов, обеспечивающих подвижность искусственных экосистем
T/N	Уровень распределения надземной (товарной и нетоварной) продукции и количества пожнивно-корневых остатков	

Свет, воду и другие ресурсы растения потребляют во взаимодействии с сорняками и микроорганизмами (конкуренция или в симбиоз), поэтому нужно отличать количество ресурсов, входящее в агросистему, и количество ресурсов, доступное для культурных растений.

Поэтому в новой модели бочка – это не столько сама агроэкосистема, сколько ниша культурных растений в агроэкосистеме (по В.И. Вернадскому агроэкосистема - единство среды и населяющих ее организмов). Это границы, в пределах которых реализуется продукционный процесс растений: превращение поступающей энергии солнца в энергию химических связей органического вещества и формирование биологического урожая (вода в бочке).

Падающие в бочку капли – параметр времени. Они, наподобие песчинок в песочных часах, отображают динамичность процесса. Одновременно падающие капли символизируют возможность поступления в систему энергии и вещества (система – открытая), которая в данной системе преобразуется в урожай.

Клёпки бочки, формирующие границы агроэкосистемы, это параметры факторов жизни растений (в расширенном составе): интенсивность и спектральный состав света, температура воздуха, влажность почвы и воздуха, содержание доступных элементов питания, кислотность почвы, освещенность культурных растений и др.

В упрощенном виде, вода в бочке – это посев растений (биомасса), занимающий центральное место в агросистеме, в расширенном – энергия, накопленная посевом. Культурные растения – это основной элемент в агроценозе, преобразующий солнечную энергию в органическое вещество, используемое гетеротрофными организмами. Растения в своём росте ограничены параметрами внешней среды, как вода в бочке. Чем больше объем бочки (площадь клёпок), тем больше воды может в ней поместиться.

Площадь клёпки характеризует количество доступных ресурсов за период вегетации растения (ценоза). Но при этом параметр длины клёпки характеризует потенциальное количество доступных ресурсов (среднегодовое выпадение осадков или содержание элементов питания в почве) и связан с продолжительностью вегетации (стадией развития). Параметр ширины клёпки следует понимать, как наличие ресурса, доступного для растения в текущий момент времени. Таким образом, в связи с тем, что модель является динамической (развивающейся во времени) параметры клёпки над уровнем воды (длина и ширина) изменяются в соответствии с погодными условиями.

Недостаток доступного ресурса означает сокращение ширины клёпки бочки. При этом согласно Закону компенсации (взаимозаменяемости) факторов жизни Э. Рюбеля дефицит ресурса может быть частично компенсирован другим ресурсом, имеющимся в достаточном количестве – ширина соседней клёпки увеличится. Однако в соответствии с Законом незаменимости фундаментальных факторов В.Р. Вильямса полное отсутствие фундаментальных экологических факторов не может быть полностью компенсировано другими факторами. Следовательно, существует некий минимальный уровень каждого фактора, который не может быть компенсирован другими, т.е. имеется минимальная по ширине клёпка.

Различная конфигурация клёпок бочки (соответственно, и объем бочки) обусловлена двумя компонентами:

а) генетическая: видовые и сортовые особенности растений, их различия по требованиям к факторам жизни в различные периоды вегетации, стрессоустойчивость и адаптивность;

б) экологическая: количество ресурсов (факторов жизни) и соотношение между ними в различные периоды роста растений, их влияние на активность почвенной микрофлоры, как важный параметр доступности элементов питания, влияние вредных организмов, токсинов и загрязняющих веществ на количество и доступность факторов жизни.

В новой интерпретации бочки лимитирующий фактор описывается, главным образом, не длиной, а шириной клёпки, что снижает эмоциональное восприятие. Поэтому в новой

модели сохранены короткие клёпки, которые обозначают прекращение роста культурного растения при отсутствии доступных ресурсов только на завершающих этапах развития (обычно – это тепло и свет).

Отметим, что количество доступных ресурсов может определяться генетическими факторами. Например, естественное созревание зерновых культур в середине лета: даже при наличии всех факторов жизни их потребление снижается в связи с прекращением ассимиляционных процессов.

Верхний и нижний обручи бочки символизируют организованность биосферы или гомеостаз по В.И. Вернадскому, наличие регуляторных экологических механизмов, обеспечивающих стабильность экосистем (нижний обруч), но допускающих определенную их подвижность (верхний обруч).

Форма и конусность бочки является важным параметром новой модели, т.к. показывает направление роста:

– активный рост (прямая конусность бочки) означает активный вегетативный роста при увеличивающемся поступлении факторов жизни (например, к началу лета увеличивается поступление тепла, за счет этого усиливается минерализация гумуса);

– ограниченный рост (прямая или обратная конусность бочки) наблюдается при ограничении поступления одного или нескольких факторов жизни и адаптации растений к ним. Это ведёт к снижению доступности факторов жизни (например, снизилось поступление воды → почвенные элементы питания стали менее доступными → растение реутилизировало азот из старых листьев и сократило листовую поверхность → уменьшилось потребление света и транспирация воды).

Уровень воды в бочке обозначает стадию жизни (стадию развития) растения. Обычно она связана с суммой активных температур (соответствует площади клёпки «тепло» до уровня воды) и пропорциональна продолжительности вегетации. На вегетативной стадии развития стресс обычно приводит к ускорению развития при небольшом объеме биомассы. В модели это соответствует повышению уровня воды за счет обратной конусности бочки (растение адаптируется к условиям среды, лимитирующий фактор компенсируется за счет других). В дальнейшем увеличение прихода факторов жизни будет способствовать активизации продукционных процессов (переход к прямой конусности бочки), но растение, уже адаптированное к росту в условиях дефицита факторов жизни, не сможет реализовать полный потенциал продуктивности. Такое поведение модели новой бочки Добенека полностью соответствует закону критических периодов в жизни растений.

В условиях острого стресса (заморозок при прорастании семян, тепловой стресс в репродуктивной фазе, обработка физиологически активным агентом и др.) продукционные процессы резко замедляются, растение не растет, не развивается, либо, напротив, резко переходит к завершающим фазам развития. Для обозначения такой ситуации в модель введен элемент «выпавший сучок», который ограничивает уровень воды в бочке. С течением времени (капли падают в бочку) давление стрессового фактора прекращается или растение адаптируется к стрессу – отверстие от сучка заделывается, но длина клёпки фактически уменьшается на размер сучка - растение сокращает период активной вегетации и «недобирает» потенциальный урожай.

Наименьшую по высоте клепку бочки (в классическом виде – лимитирующий фактор) следует рассматривать как частный случай такого резко наступившего стресса, к которому растение не смогло адаптироваться.

Невыпавший сучок – это зона повышенной напряженности фактора жизни, критические периоды роста и развития растений, когда растения наиболее уязвимы к стрессовым явлениям.

Новая модель допускает рост растения при небольшом дефиците доступных ресурсов – когда оно находится на стадии адаптации, не способно потребить полностью имеющиеся ресурсы в связи с чем интенсивность продукционных процессов снижается. Для обозначения такой ситуации подходит щель между клепками – факторами жизни, которая хорошо

отображает форму протекания стресса, вызванного недостатком того или иного фактора, и последующей адаптации растений с учетом использования других факторов жизни (некоторого замещения или сокращения потребления).

Таким образом, небольшому количеству фактора жизни (доступного ресурса) соответствуют узкая клёпка (лимитирующий фактор) и искривление соседних клёпок. Это означает, что растение адаптировано к имеющемуся объёму ресурсов. Если ресурсов имеется недостаточно, а растение ещё не адаптировалось, получается щель, если ресурсы имеются в избытке – ширина бочки увеличится до некоего редела, определенного генетическими возможностями и экологическими условиями (ширина клёпки). Если давление фактора увеличится сверх пределов, из бочки выскочат имеющиеся сучки – растения окажутся в состоянии стресса.

В новой интерпретации бочки по устоявшейся традиции мы также не приводим наименования клёпок. Заметно, что в новой модели большое значение придается взаимодействию и совместному влиянию факторов жизни на формирование урожая, и не правильно было бы считать, что факторы жизни взаимодействуют только попарно как соседние клёпки бочки. Отсутствие надписей на клёпках бочки означает, что они в соответствии с Законом совокупного действия Митчерлиха взаимодействуют и действуют на урожай совместно, компенсация одного фактора жизни также осуществляется совместно.

В то же время при изображении конкретных ситуаций (с указанием исходных данных) мы считаем возможным приводить надписи: либо только на одной клёпке (острый стресс), либо также и на соседних клёпках – главных 2-3 сублимитирующих факторах жизни (хронический стресс).

Высота установки крана на бочке обозначает границу (уровень Т/Н) между урожаем, отчуждаемым с поля, и урожаем, оставляемым на поле (количеством пожнивно-корневых остатков). Энергия и вещество, содержащиеся в нетоварной части биологического урожая частично теряются из агроэкосистемы (испарение и газообразные потери, вымывание), но в преобладающем количестве они используются микробиотой в почвообразовательных процессах (выветривание, минерализация органического вещества или накопление гумуса, азотфиксация), или переходит в труднодоступные соединения.

На начальных этапах роста растения уровень Т/Н отображает распределение между надземной и подземной биомассой, что также является важным параметром, характеризующим доступность воды, минеральных элементов питания, или света и CO_2 .

Обсуждение

Принятое допущение, что клёпки бочки могут самостоятельно изменять свою форму и заделывать появляющиеся сучки и щели, помогло максимально реализовать потенциал, заложенный в бочку Добенека. Теперь бочку Добенека можно рассматривать как полноценную систему, состоящую из отдельных взаимодействующих элементов и динамически изменяющуюся во времени.

Новую бочку Добенека уже сложно назвать аналоговой моделью, первоначально предложенную А.Добенеком. Скорее это абстрактная графическая модель - конструкция, призванная визуализировать возможные сценарии роста и развития растений при различных уровнях обеспеченности ресурсами. Такая абстрактная модель может быть полезна для целостной оценки «поведения урожая» (протекания продукционных процессов) в изменяющихся условиях.

Например, в соответствии с Законом активности растения обладают определенной степенью активности в потреблении, поиске и подготовке факторов жизни. Факторы жизни для растений являются не только ресурсами, они обладают также регуляторными функциями, т.к. способны индуцировать адаптивные реакции растений. В новой бочке Добенека это соответствует изменению конфигурации клёпок, стремлению их к увеличению своих размеров. Но происходит это в пределах оброчей - регуляторных экологических механизмов, которые сдерживают резкое увеличение доступности факторов. «Нормальное» состояние клёпок (достаточная обеспеченность ресурсами) в таком случае предполагает

наличие некоего повышенного давления между клёпками (возможно, внешние или внутренние запасы доступных ресурсов) и в таком состоянии достигается максимальная интенсивность продукционных процессов. В случае отсутствия такого давления между клёпками появится щель, потребуются некие ресурсы, чтобы её устранить (возможно, энергия адаптации по А.Gorban). Чрезмерное поступление ресурса, когда он из доступного превращается в избыточный, напротив, увеличит давление и приведет к стрессу – сучки выскочат. Но сучки могут также выпасть и при избыточном давлении других клёпок (антогонизм, несбалансированное развитие), или резком сужении клёпки (стресс от минимального количества ресурса – заморозок, влияние гербицидов и других физиологически активных веществ).

Таким образом, анализ модели заставляет использовать новые понятия (доступные и избыточные ресурсы, внутренние запасы доступных ресурсов) и соотношения (давление факторов жизни), необходимые для проведения ресурсного моделирования. Появляются существенные различия между понятиями «фактор жизни» и «ресурс», которые в экологической и агрономической литературе обычно используются в качестве синонимов. Становится заметным огромное значение в моделях растений энергии адаптации и влияния различных видов стресса. Выявляются различия между понятиями «продолжительность вегетации» и продолжительность активной вегетации», когда растения не находятся в фазе острого стресса. И главное, появляется новый уровень лимитирования урожая – регуляторные экологические механизмы (обручи). Следует отметить, что данные направления до настоящего времени не нашли широкого изучения в агрономической науке.

Можно утверждать, что новая бочка Добенека теперь базируется на гипотезе множественных ограничений, которая утверждает, что растения адаптируются к условиям окружающей среды таким образом, что они одновременно ограничены несколькими ресурсами. Однако модель допускает ситуации острого стресса, когда в соответствии с её классическим видом рост урожая определяется только одним фактором (ресурсом) в соответствии с Законом минимума Либиха.

Нужно сказать, что современные исследования по сравнению данных моделей ограничений растительных ресурсов не смогли однозначно выявить преимущества той или иной модели лимитирования [5, 6].

Новая бочка Добенека даёт понять, что если в полевых условиях (т.е. семена высеяны в почву, где имеется определенный запас элементов питания и влаги) дефицит ресурса обнаруживается на ранней (вегетативной) стадии роста, следует ожидать ограничение роста по модели множественных ограничений. В таком случае растение адаптируется и «реализует экономичную программу роста» с максимальным перераспределением ресурсов.

Жесткое лимитирование по Закону минимума – остановка роста и его возобновление только в случае дополнительного прихода ресурса, более вероятны на завершающих стадиях развития, когда адаптационный потенциал растений ограничен. Либо в случае, если адаптационный потенциал снижается ввиду прямого повреждения растений (вредители, болезни).

Следовательно, при оценке лимитирующих факторов важным методологическим вопросом является определение начальной точки лимитирования. Например, можно ли однозначно утверждать, что урожайность лимитировалась исключительно дефицитом воды в период налива зерна, или она была также связана с сильным развитием корневых гнилей или неоптимальным соотношением надземной массы и корней, обусловленными высокой влажностью и доступностью азота в стадию вегетативного роста.

Проявление множественных ограничений можно рассматривать в качестве частного случая Закона минимума, наблюдаемого на стадии роста после адаптации растений. Парадокс Закона минимума [2], утверждает, что в случае ограничения роста по Закону минимума после адаптации многие факторы (максимально возможное их количество) становятся одинаково важными. Заметно, что такое состояние организма, лимитированного в

своём росте несколькими факторами, вполне соответствует модели множественных ограничений.

Заключение

Новая модель «бочка Добенека» позволяет не только прогнозировать возможное поведение системы (посева растений) при конструировании агротехнологий, но и обосновывать существующие и вводить новые понятия, т.е. изучать теоретические вопросы земледелия.

Бочка Добенека может выступать в качестве самостоятельного объекта изучения. Каждый из её элементов обладает многими свойствами и может рассматриваться в качестве подсистемы, имеющей свою структуру и связи.

Несмотря на простоту новая модель «бочка Добенека» обладает всеми блоками современных моделей растений: блок роста при оптимальных условиях, блок адаптации при наличии лимитирующих факторов, блок потерь урожая при различного типа стрессовых ситуациях, учет влияние корней на формирование урожая. Возможно, она будет полезна для разработки принципиально новых структур ресурсных моделей.

Вместе с тем, новая бочка Добенека ориентирована в первую очередь на использование в учебном процессе. На её примере имеется возможность пояснять ряд законов земледелия, что поможет показать студентам целостную картину проблематики формирования урожая и сформировать у них биологическое системное мышление.

Ресурсный подход, реализованный в бочке Добенека, остаётся наиболее приемлемым для практического применения в агрономической работе. Ведь главной задачей специалиста по-прежнему является управление ресурсами (оптимизация их использования), а целью – максимальное наполнение зерном бочек (т.е. современных силосных хранилищ). И наиболее важным является то, что в новой бочке Добенека сохранена эмоциональность. Как и прежде, рисунок побуждает зрителя починить бочку, чтобы увеличить объем воды в ней. Но в отличие от оригинала, где предполагается поиск «проблемной» клёпки и её замена, зритель обращает внимание на необходимость точной подгонки клёпок между собой, а также на множество щелей и сучков, появление которых нужно избегать, или оперативно их заделывать, не ожидая «автокоррекции». Если старая бочка Добенека ориентировала специалистов скорее на увеличение использования ресурсов, то новая бочка предполагает точное управление ресурсами.

Литература

1. Lemaire G., Tang L., Bélanger G. Forward new paradigms for crop mineral nutrition and fertilization towards sustainable agriculture // *European Journal of Agronomy*, 2021. - Volume 125. - Pp. 126 -148. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126248
2. Gorban A., Pokidysheva L., Smirnova E. Law of the Minimum Paradoxes // *Bulletin of mathematical biology*. - 2010. - № 11. DOI: 10.1007/s11538-010-9597-1.
3. Радовня В.А. «Бочка Добенека» как модель растения. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2024. – № 3 (51). – С. 58-69. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-58- 69.
4. Закон ограничивающего фактора [Электронный ресурс]. – Википедия. - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%84%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0. – Дата доступа: 25.01.2023.
5. Sinclair T. R., Park W. I. Inadequacy of the Liebig Limiting-Factor Paradigm for Explaining Varying Crop Yields // *Agron. J.*, 1993. - №85: - P. 742-746. DOI:10.2134/agronj1993.00021962008500030040x
6. Tang J., Riley W.J. Finding Liebig ' s law of the minimum // *Ecological*, 2021. - № 31, (8). DOI:10.1002/eap.2458

References

1. Lemaire G., Tang L., Bélanger G. Forward new paradigms for crop mineral nutrition and fertilization towards sustainable agriculture. *European Journal of Agronomy*, 2021, V. 125, pp. 126-148. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126248
2. Gorban A., Pokidysheva L., Smirnova E. Law of the Minimum Paradoxes. *Bulletin of mathematical biology*, 2010, no. 11. DOI: 10.1007/s11538-010-9597-1.
3. Radovnya V. A. Dobeneck barrel as a crop model. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2024, no. 3 (51), pp. 58-69. (in Russian) DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-58- 69.
4. The Law of the Limiting Factor [Electronic resource]. – Wikipedia. - Mode of access: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%84%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0. – Date of access: 25.01.2023. (in Russian).
5. Sinclair T. R., Park W. I. Inadequacy of the Liebig Limiting-Factor Paradigm for Explaining Varying Crop Yields. *Agron. J.*, 1993, no.85, pp. 742-746. DOI:10.2134/agronj1993.00021962008500030040x
6. Tang J., Riley W.J. Finding Liebig' s law of the minimum. *Ecological*, 2021, no. 31, (8). DOI:10.1002/eap.2458

DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-121-124

УДК: 016:631.52

**К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ТАЛАНТЛИВОГО
УЧЕНОГО И СЕЛЕКЦИОНЕРА
ВАСИЛИЯ СТЕПАНОВИЧА ФОМИНА (1935-2007 гг.)**

И.А. ФИЛАТОВА, старший научный сотрудник, ORCID ID 0000-0002-5706-7332

Н.А. НУЖНАЯ, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА»,

E-mail: niish1c@mail.ru

***Аннотация.** Статья посвящена памяти В.С. Фомина – ученого-селекционера, доктора сельскохозяйственных наук, в течение многих лет возглавлявшего лабораторию селекции зернобобовых культур Научно-исследовательского института сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева. Представлены этапы жизненного и творческого пути, становления его как крупного ученого селекционера. Показан вклад ученого в развитие селекции зернобобовых культур. За 35 лет работы в институте В.С. Фоминым было создано 11 сортов гороха, 2 сои и 1 нута.*

Ключевые слова: ученый, селекционер, зернобобовые культуры, горох, сорт.

Для цитирования: Филатова И.А., Нужная Н.А. К 90-летию со дня рождения талантливого ученого и селекционера Василия Степановича Фомина (1935-2007 гг.). *Зернобобовые и крупяные культуры.* 2025; 1(53):121-124. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-121-124

**ON THE 90TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF A TALENTED
SCIENTIST AND BREEDER VASILY STEPANOVICH FOMIN (1935-2007)**

I.A. Filatova, N.A. Nuzhnaya

FSBSI V.V. DOKUCHAEV VORONEZH FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER

***Abstract:** The article is dedicated to the memory of V.S. Fomin, a breeder, Doctor of Agricultural Sciences, who for many years headed the Laboratory of Leguminous Crop Breeding at the V.V. Dokuchaev Scientific Research Institute of Agriculture in the Central Chernozem Region. The stages of his life and creative path, his formation as a major scientist breeder, are presented. The contribution of the scientist to the development of leguminous crop breeding is shown. Over 35 years of work at the Institute, V.S. Fomin has created 11 varieties of peas, 2 soybeans and 1 chickpea.*

Keywords: scientist, breeder, leguminous crops, peas, variety.

В феврале 2025 г. исполнилось 90 лет со дня рождения известного отечественного ученого в области селекции зернобобовых культур, Заслуженного деятеля науки Российской Федерации, доктора сельскохозяйственных наук Василия Степановича Фомина.

Василий Степанович родился 25 февраля 1935 года на хуторе Красная Поляна Россошанского района Воронежской области в семье колхозников. В 1955 году, успешно окончив Россошанскую среднюю школу, он поступил в Воронежский сельскохозяйственный институт им. К.Д. Глинки на агрономический факультет, где он выбрал специальность «Селекция и семеноводство», которая в последующем и определила всю его жизнь и судьбу. На выбор специальности большое влияние оказал выдающийся ученый селекционер, Лауреат Государственной премии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Николай

Алексеевич Успенский, создавший и долгие годы возглавлявший кафедру «Селекции и семеноводства» в Воронежском СХИ.



После окончания института Василий Степанович попробовал свои силы на производстве. Сначала в качестве заведующего Нижне-Девичьего Госсортоучастка, а затем главного агронома в Рамонском откормсовхозе. Однако его пытливая натура, стремление к поиску и новым знаниям привели его обратно в Воронежский СХИ. В 1962 году В.С. Фомин поступил в аспирантуру к своему учителю – профессору Николаю Алексеевичу Успенскому. Выбор темы диссертационной работы и первые исследования были проведены под непосредственным его руководством. Однако, в связи с уходом Николая Алексеевича из жизни в 1963 году, дальнейшие исследования проводил уже под руководством профессора С.Н. Щербак.

В 1967 году по результатам исследований Василий Степанович Фомин успешно защитил кандидатскую диссертацию по селекции гороха на тему: «Изучение скороспелости и интенсивности формирования отдельных элементов продуктивности с целью обоснования подбора пар для гибридизации селекции гороха».

После окончания аспирантуры Василий Степанович в течение семи лет (1965-1972 гг.) работал и преподавал в Плодоовощном институте им. И.В. Мичурина. Сначала в должности ассистента кафедры селекции плодовых культур и ботаники, а в 1970 году стал деканом заочного факультета.

Но преподавательская деятельность не смогла укротить душу искателя-практика и в сентябре 1972 года В.С. Фомин переходит на работу в НИИСХ ЦЧП им Докучаева. Именно здесь развился его огромный талант ученого-селекционера. Молодого и энергичного ученого берут на должность руководителя лаборатории селекции зернобобовых культур. И сразу, приступив к работе, Василий Степанович развивает активную деятельность по селекции гороха, сои и чины. К созданию новых сортов им был привлечен обширный коллекционный материал ВИР и других селекционных учреждений страны. В 1978 году, с введением в работу фитотрона, он активно пользуется его возможностями для ускорения селекционного процесса. В своей работе Василий Степанович применял современные методы создания исходного материала и его оценки. Наряду с этим им велись глубокие научные исследования, позволившие разработать оригинальные теоретические аспекты признака «продуктивность» и усовершенствовать методические приемы создания и оценки исходного селекционного материала, тем самым значительно ускорив селекционный процесс.

Результаты многолетних исследований В.С. Фомина в области селекции зернобобовых культур были отражены им в докторской диссертации «Пути повышения эффективности селекции гороха в ЦЧЗ», успешно защищенной в 1995 году в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Центральные районы Нечерноземной зоны (сегодня ФИЦ «Немчиновка»). Одним из оригинальных положений диссертации является предложенный автором параметр оценки продуктивности растения на ранних этапах селекции – продуктивность плодоносящего узла (ППУ). Было установлено, что продуктивность растения уменьшается под действием погодных условий в 3-4 раза, а ППУ в тех же условиях отклоняется от контроля на 22-33% [1].

Сочетание исследовательской и практической селекционной работы дало свои результаты – регистрация целого ряда сортов гороха, отличающихся уникальными

характеристиками, благодаря чему занимающих большие площади посева как в России (в 7 регионах), так и в странах СНГ (Украина, Казахстан, Молдова), многие из которых востребованы производителями и сегодня.

За 35 лет работы в НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева Василием Степановичем Фоминым было создано 11 сортов гороха, из которых 10 сортов были допущены к районированию. Это высокоурожайные – Уран, Орфей, высокопластичные – Таловец 50, Таловец 55, Таловец 60 с потенциальной урожайностью 7,6 т/га. Устойчивые к осыпанию – Таловец 55 и Таловец 65. Далее, решая вопросы технологичности гороха, Василий Степанович переходит к созданию неполегаемых форм. Так были созданы короткостебельные листочковые сорта Битюг, Таловец 60, Дударь и безлисточковый Таловец 70. Эти сорта были приспособлены к прямому комбайнированию, потенциальная урожайность достигала 8,2 т/га [2]. Последним сортом, внесенным в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию стал сорт Фокор, генотип которого включает полный набор полезных признаков: короткостебельность, безлисточковость, неосыпаемость. Сорт Фокор, которому уже 20 лет, и в наши дни показывает высокую конкурентоспособность и широко используется во многих регионах России. В Воронежской области им засеивается более половины всех площадей, занимаемых горохом.

Помимо гороха, Василий Степанович занимался селекцией и других зернобобовых культур. Им были созданы два сорта сои – Лучезарная и Гера и сорт чины – Чигла.

За время своей работы Василий Степанович собрал и изучил богатейший селекционный материал по гороху. Под его руководством был создан уникальный исходный материал, обладающий высокими хозяйственно полезными качествами, который продолжает работать, остается востребованными в селекции зернобобовых культур и в настоящее время. Уже после его ухода на основе перспективного материала были созданы и рекомендованы к использованию 3 сорта гороха посевного – Атаман, Кадет и Докучаевский.

За свои заслуги В.С. Фомин снискал авторитет как среди своих коллег ученых, так и среди сельхозпроизводителей. Его многочисленные выступления на совещаниях и конференциях вызвали неподдельный интерес и внимание.

В.С. Фомин придавал большое значение пропаганде новых сортов и широкому внедрению их в производство. Созданные им сорта и сегодня остаются конкурентоспособными и пользуются вполне заслуженным спросом у сельхозпроизводителей. На данный момент в Реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, находится 6 сортов гороха, автором которых является Василий Степанович Фомин – Дударь (2002 г.), Таловец 70 (1997 г.) и Фокор (2005 г.), Атаман (2014 г.), Кадет (2014 г.), Докучаевский (2024 г.) а также сорт сои – Лучезарная (1990 г.).

За успехи в разработке высокоэффективных приемов селекции и выведение новых высокопродуктивных сортов Василий Степанович Фомин был удостоен звания «Заслуженный деятель науки РФ» в 1997 году и присуждения научной государственной стипендии.

Свою активную научную деятельность Василий Степанович прекрасно совмещал с семейной жизнью. Создав семью еще в студенческие годы, он сохранил её на протяжении всей жизни. Друзья и коллеги до сих пор отзываются о нем, как о добром и веселом человеке, но при этом очень трудолюбивом и требовательным к качеству выполнения работ. Василий Степанович обладал уникальными вокальными данными, его часто называли «наш соловей». Он до последних дней жизни трудился в созданной им лаборатории. Приказ об отчислении его из личного состава института был подписан 07.02.2007 г.

Василий Степанович Фомин внес значительный вклад в развитие биологической и селекционной науки. Его исследования имеют важное значение для разработки новой теории эволюции самоопылителей [3] и совершенствования методов создания селекционного материала, обеспечивающих выведение высокоурожайных, технологичных и устойчивых к

неблагоприятным факторам среды сортов гороха [4, 5, 6]. Предложенные В.С. Фоминым методы и способы ведения селекционной работы остаются актуальными и в наши дни.

Работа в лаборатории селекции зернобобовых культур в настоящее время строится на сохранении и использовании созданного им ценного селекционного материала с одновременным применением новых технологий, способов и методов селекции.

Литература

1. Фомин В.С. Пути повышения эффективности селекции гороха в ЦЧЗ. // Диссертация на соискание уч.-й. ст-ни. доктора с.-х. наук в форме научного доклада. – Немчиновка.– 1995. – 45 с.
2. Фомин В.С., Коробова Н.А. Этапы селекции гороха в Каменной степи. // Селекция и семеноводство. – 2004. – № 4. – С. 2-4.
3. Фомин В.С. Эволюционная концепция онтогенетического развития растений. // Новое в селекции и семеноводстве с.-х. культур.– Каменная степь. – 1987. – С. 3-8.
4. Фомин В.С., Коробова Н.А. Селекция высокотехнологичных сортов гороха в НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева. // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения. Тезисы докладов науч.-практ. конф.- Белгород. – 2000. – С. 23-24.
5. Фомин В.С., Коробова Н.А. Результаты сортоиспытания новых сортов гороха селекции НИИСХ ЦЧП им. В.В.Докучаева. // Проблемы селекции полевых культур на адаптивность и качество в засушливых условиях. – Саратов. – 2001. – С. 175-177.
6. Фомин В.С., Коробова Н.А. Методы и результаты селекции гороха. // Хлеб будущего. Тезисы докладов конф. посв-ой 25-летию Центрально-Черноземного селекционного центра. – Каменная степь. – 1995. – С. 32-34.

References

1. Fomin V.S. Ways to improve the efficiency of pea breeding in the Central Chernozem Region. Doct. Diss. (Agric.), Nemchinovka. 1995, 45 p. (In Russian)
2. Fomin V.S., Korobova N.A. Stages of pea breeding in Kamennaya Steppe. *Selekciya i semenovodstvo*, 2004, no 4, pp. 2-4. (In Russian)
3. Fomin V.S. Evolutionary concept of ontogenetic development of plants. New in breeding and seed production of agricultural crops. *Kamennaya step'*, 1987, pp. 3-8. (In Russian)
4. Fomin V.S., Korobova N.A. Breeding high-tech pea varieties at the V.V. Dokuchaev Research Institute of Agriculture of the Central Black Earth Region. Problems of agricultural production at the present stage and ways to solve them. *Tez. Dokl. Nauch.-prakt. konf*, Belgorod, 2000, pp. 23-24. (In Russian)
5. Fomin V.S., Korobova N.A. Results of variety testing of new pea varieties bred by the V.V. Dokuchaev Research Institute of Agriculture of the Central Black Earth Region. Problems of breeding field crops for adaptability and quality in arid conditions. *Saratov*, 2001, pp. 175-177. (In Russian)
6. Fomin V.S., Korobova N.A. Methods and results of pea breeding. Bread of the future. *Tez.dokl. konf. posv-oy 25-letiyu Central'no-Chernozemnogo selekcionnogo centra*, Kamennaya step', 1995, pp. 32-34. (In Russian).

**К 90 – ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
АЛЕКСАНДРА ДМИТРИЕВИЧА ЗАДОРИНА
ЧЛЕН-КОРРЕССПОНДЕНТА РАН, ПРОФЕССОРА (1935- 2012 гг.)**

Н.В. ГРЯДУНОВА, кандидат биологических наук

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Александр Дмитриевич Задорин родился 27 марта 1935 года в городе Лениногорске Восточно-Казахстанской области. Специальность учёного агронома получил в Казанском сельскохозяйственном институте им. М. Горького, который с отличием окончил в 1959 году. С 1959 по 1966 гг. работал агрономом, управляющим отделением, директором целинного зерносовхоза "Багратионовский" и параллельно обучался в заочной аспирантуре Казанского СХИ по специальности «Общее земледелие». Возглавляя Восточно-Казахстанскую сельскохозяйственную опытную станцию (1966-1977 гг.) защитил кандидатскую диссертацию на тему «Приёмы основной обработки почвы под яровую пшеницу в сухостепной зоне Восточного Казахстана». С 1977 по 1981 гг. Александр Дмитриевич работал заместителем директора по науке Казахского НИИ земледелия им В.Р. Вильямса, с 1981 по 1986 гг. – начальником Главного управления науки и внедрения в производство научно-технических достижений Министерства сельского хозяйства Казахской ССР, с 1986 по 1988 гг. – начальником Управления научно-технического прогресса Госагропрома КазССР.



Основные направления научных исследований Александра Дмитриевича в Казахстанский период посвящены проблемам обработки почвы, разработке систем севооборотов, защите почв от ветровой и водной эрозии, изучению технологических приемов увеличения производства зерна, кормов, повышения эффективности и устойчивости земледелия, принципам моделирования урожайности. Все эти работы обобщены им в докторской диссертации «Совершенствование системы земледелия (полеводства) в условиях вертикальной зональности Восточного Казахстана», которую защитил в 1990 году.

С 1988 года трудовая деятельность Александра Дмитриевича неразрывно связана с ВНИИ зернобобовых и крупяных культур: до 2002 года он директор, а с 2002 года до последних дней его жизни работал главным научным сотрудником в лаборатории агротехнологий и защиты растений института.

Возглавляя ВНИИ зернобобовых и крупяных культур, Александр Дмитриевич основное внимание уделял организации научно-исследовательской работы, координации комплексных исследований по вопросам научного обеспечения производства зернобобовых и крупяных культур с учреждениями РАН, МСХ РФ и других ведомств, разработке проектов Государственных научно-технических программ и участию в их выполнении, строительству и укреплению материально-технической базы института.

Под его руководством и непосредственном участии была подготовлена научно-техническая программа «Растительный белок», предусматривающая научное обоснование биологической интенсификации земледелия в целях создания чистой экологической среды и производство высокобелкового сырья для диетического питания. Успехи института в этот

сложный период позволили получить в 1994 году высокий статус Государственного научного центра РФ.

В решении важных и сложных вопросов Александру Дмитриевичу помогали его организаторский талант и большой опыт руководящей работы, эрудиция, масштабное видение целостности решаемых проблем, выдержанность, настойчивость, умение вести диалог.

А.Д. Задорин активно развивал и поддерживал международные творческие связи с учреждениями ближнего и дальнего зарубежья, видя в этом один из факторов повышения уровня проводимых институтом исследований.

Своими научными работами и достижениями руководимого им института он внёс существенный вклад в развитие российской науки, в научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур. В период работы его директором институтом создано и передано на государственное сортоиспытание 60 новых сортов зернобобовых и крупяных культур, 50 из которых внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию.

Научные исследования Александра Дмитриевича посвящены изучению роли зернобобовых культур в адаптивном растениеводстве, технологиям их возделывания и направлены на решение проблем обеспечения России высокобелковым сырьём, получение экологически безопасной продукции растениеводства. Всё это нашло отражение в его книгах: «Проблемы адаптации в земледелии», «О концепции земледелия в условиях рынка», «Средообразующая роль бобовых культур», «Повышение продуктивности и устойчивости агроэкосистем» и ряде других изданий.

Под руководством А.Д. Задорина подготовлено и защищено 10 кандидатских и 5 докторских диссертаций. В 1997 году он избран член-корреспондентом Российской академии сельскохозяйственных наук.

За заслуги в развитии сельскохозяйственной науки и производства, педагогической и общественной деятельности, внедрение результатов научных разработок в производство Александр Дмитриевич награждён Почетной грамотой Президиума Верховного Совета Казахской ССР, удостоен почетного звания «Заслуженный агроном Казахской ССР», награжден орденом Трудового Красного Знамени, орденом Ленина, медалями СССР «За доблестный труд», «За освоение целинных земель», медалями ВДНХ СССР, почетными грамотами.

Авторитетный ученый, опубликовавший в нашей стране и за рубежом более 300 научных трудов, имеющий патенты на изобретения, Александр Дмитриевич был хорошо известен не только ученым России, ближнего и дальнего зарубежья, но и руководителям и специалистам сельхозпредприятий. Его многочисленные выступления на совещаниях, конференциях, семинарах и других форумах, личные встречи с агрономами и руководителями хозяйств, фермерами подтверждают большой авторитет и заинтересованность в глубоких познаниях.

Несмотря на все свои заслуги имел репутацию скромного человека, которого уважали коллеги. Александр Дмитриевич всегда был примерным семьянином – мужем, отцом, дедушкой. Его внук Александр Михайлович пошёл по стопам деда в науку, кандидат сельскохозяйственных наук, занимается селекцией зернобобовых культур в этом же учреждении, автор многих сортов гороха, фасоли, вики, чечевицы.

Неутомимый труженик, человек творческий, увлеченный, А.Д. Задорин до последних минут своей жизни был верен любимому делу. Он оставил после себя фундаментальные работы, учеников, для которых его бескорыстное и самоотверженное служение науке всегда будут примером.

Александр Дмитриевич был человеком с разносторонними интересами, глубоко порядочным, настоящим патриотом, готовым отстаивать интересы российской науки. Таким он и остался в памяти тех, кто с ним работал и знал его.