

Оригинальная статья / Original article

https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-22-29
УДК: 635.63:631.531.03:631.524.85

С.Н. Белов*, И.Б. Коротцева,
В.Ф. Пивоваров

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

*Автор для переписки:
belov.ser.nik@gmail.com

Финансирование. Исследование проведено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, грант № 075-15-2025-577.

Вклад авторов: Белов С.Н.: методология, визуализация, проведение исследований, верификация данных, формальный анализ, создание черновика рукописи. Коротцева И.Б.: руководство исследованием, ресурсы, администрирование проекта, создание рукописи и ее редактирование. Пивоваров В.Ф.: руководство исследованием.

Конфликт интересов. Пивоваров В.Ф. является членом редакционной коллегии журнала «Овощи России» с 2008 года, но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляют.

Для цитирования: Белов С.Н., Коротцева И.Б., Пивоваров В.Ф. Повышение устойчивости рассады огурца к полеганию. *Овощи России*. 2026;(1):22-29.
https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-22-29

Поступила в редакцию: 22.10.2025
Принята к печати: 18.12.2025
Опубликована: 16.03.2026

Sergey N. Belov*, Irina B. Korotseva,
Victor F. Pivovarov

FSBSI Federal Scientific Vegetable Center
Selectionaya St/ 14, VNISSOK, Odintsovo region,
Moscow oblast, 143072, Russia

*Corresponding Author:
belov.ser.nik@gmail.com

Funding. This study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (grant No. 075-15-2025-577).

Authors' Contributions. Belov S.N.: methodology, visualization, investigation, validation, formal analysis, writing – original draft. Korotseva I.B.: supervision, resources, project administration, writing – review & editing. Pivovarov V.F.: supervision.

Conflict of interest. Pivovarov V.F. has been a member of the editorial board of the Journal "Vegetable crops of Russia" since 2008, but had nothing to do with the decision to publish this manuscript. The manuscript passed the journal's peer review procedure. The authors declare no other conflicts of interest.

For citations: Belov S.N., Korotseva I.B., Pivovarov V.F. Improving the resistance of cucumber seedlings to lodging. *Vegetable crops of Russia*. 2026;(1):22-29. (In Russ.)
https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-22-29

Received: 22.10.2025
Accepted for publication: 18.12.2025
Published: 16.03.2026

Повышение устойчивости рассады огурца к полеганию

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Цель исследования – комплексное изучение длины подсемядольного колена селекционных линий огурца как морфологического признака, влияющего на устойчивость рассады огурца к полеганию, а также оценка стабильности этого признака в зависимости от сроков выращивания.

Материал и методика. Исследования проведены в 2019-2021 и 2025 гг. в рассадном отделении зимней теплицы ФГБНУ ФНЦО (Московская область) на селекционных линиях огурца (*Cucumis sativus* L.); ежегодно изучали около 30 линий, при этом учёты длины подсемядольного колена выполняли на наиболее контрастных формах. Посев осуществляли в марте и мае; рассаду выращивали в горшочках объёмом 0,7 л без досвечивания. Длину подсемядольного колена измеряли в фазу семядолей и первого настоящего листа на 10-16 растениях. Данные обрабатывали методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с использованием критериев LSD Фишера и Дункана при $p \leq 0,05$.

Результаты. Анализ длины подсемядольного колена, междоузлий и высоты растений показал, что данные признаки преимущественно генотипически детерминированы (72% вклада). При этом влияние года и взаимодействия «линия × год» оказалось статистически значимым, но менее выраженным. Сопоставимые условия освещённости в 2021 и 2025 годах позволили рассматривать выявленные различия по годам, изучаемых признаков, как результат наследственной изменчивости. Сравнение по критерию Дункана позволило разделить изученные линии, по длине гипокотыля, на три укрупнённые группы. В группу с коротким гипокотилем вошли линии, длина подсемядольного колена у которых составляла 3,8-5,4 см; со средним гипокотилем – 6,1-7,6 см; с длинным гипокотилем – 6,2-8,8 см. Линии с коротким подсемядольным коленом зачастую характеризовались более высоким коэффициентом вариации этого признака по сравнению с образцами, отличающимися более длинным гипокотилем. Это указывает на возможность отбора по длине подсемядольного колена. Особый интерес для селекции представляет линия Ур., отличающаяся не только коротким подсемядольным коленом, но и более низким коэффициентом вариации этого признака по сравнению с другими образцами с коротким гипокотилем.

Заключение. Проведённый корреляционный анализ подтвердил, что длина подсемядольного колена тесно связана с длиной междоузлий ($r=0,76$), что отражает их сопряжённое развитие, однако её влияние на высоту растений выражено очень слабо ($r=0,15$). Это даёт возможность вести селекцию на устойчивость рассады к полеганию различных по высоте линий. Выделены линии с коротким подсемядольным коленом, обуславливающим устойчивость рассады к полеганию, которые могут быть использованы для селекции среднерослых (Ур., Гар.) и высокорослых (Мер., Мон.) гибридов огурца партенокарпического типа для весенних теплиц и временных укрытий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

огурец (*Cucumis sativus* L.); рассада; длина подсемядольного колена; генетическая изменчивость; устойчивость к полеганию



Improving the resistance of cucumber seedlings to lodging

ABSTRACT

Relevance. The aim of the study was a comprehensive evaluation of hypocotyl length in breeding lines of cucumber as a morphological trait affecting seedling resistance to lodging, as well as an assessment of the stability of this trait depending on growing dates.

Materials and Methods. The studies were carried out in 2019-2021 and 2025 in the seedling compartment of a winter greenhouse at the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center (Moscow Region, Russia) using breeding lines of cucumber (*Cucumis sativus* L.). Each year, about 30 lines were evaluated, and hypocotyl length was recorded for the most contrasting genotypes. Sowing was performed in March and May; seedlings were grown in 0,7 L pots without supplementary lighting. Hypocotyl length was measured at the cotyledon and first true leaf stages on 10-16 plants per accession. Data were analyzed using one-way ANOVA with Fisher's LSD and Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

Results. Analysis of hypocotyl length, internode length, and plant height showed that these traits were predominantly genotype-determined (72% contribution). The effects of year and the "line × year" interaction were statistically significant but less pronounced. Comparable light conditions in 2021 and 2025 allowed year-to-year differences in the studied traits to be interpreted mainly as a result of genetic variability. According to Duncan's test, the lines were grouped into three classes based on hypocotyl length: short (3,8-5,4 cm), medium (6,1-7,6 cm), and long (6,2-8,8 cm). Lines with a short hypocotyl generally showed a higher coefficient of variation than those with a longer hypocotyl, indicating the feasibility of selection for this trait. Of particular breeding interest was line Ur., which combined a short hypocotyl with a lower coefficient of variation compared with other short-hypocotyl lines.

Conclusion. Correlation analysis revealed a strong relationship between hypocotyl length and internode length ($r=0,76$), reflecting their coordinated development, while the effect of hypocotyl length on plant height was weak ($r=0,15$). This allows breeding for seedling lodging resistance in lines differing in plant height. Lines with a short hypocotyl conferring increased lodging resistance were identified and can be used in breeding medium-height (Ur., Gar.) and tall (Mer., Mon.) parthenocarpic cucumber hybrids for spring greenhouses and temporary shelters.

KEYWORDS:

cucumber (*Cucumis sativus* L.); seedlings; hypocotyl length; genetic variability; lodging resistance

Введение

Огурец – одна из ведущих овощных культур, возделываемых в открытом и защищённом грунте. В 2023 году на территории России было собрано 13,8 млн т овощей, не считая картофеля, всеми типами хозяйств, включая личные подсобные. Самыми популярными овощными культурами оказались огурцы и томаты: их совокупный валовой сбор составил 4,8 млн т, или почти 35 % в общем овощном урожае. «Фактически каждый третий килограмм в общей овощной корзине россиян – это огурец или томат». Почти половина этого объема выращена в условиях защищенного грунта населением и товарными производителями (всего 2,1 млн т), что вполне понятно, принимая во внимание климатические особенности большинства регионов России [1].

Общая площадь эксплуатируемых зимних теплиц в России в 2021 году составляла 3298 га, весенних теплиц – 1017 га, парников и укрытий – 56 га. Явным лидером среди федеральных округов по валовому сбору овощей в защищенном грунте является Центральный федеральный округ (35%) [2].

Огурец выращивается через рассаду не только для зимних и весенних теплиц, но и для временных пленочных укрытий, открытого грунта. Большинство садоводов-огородников Нечерноземной зоны РФ выращивают огурец через рассаду. Выращивание огуречной рассады позволяет не только экономить площадь, электроэнергию и трудовые ресурсы, но и ускорить плодоношение. Качество рассады при этом приобретает особое значение, так как именно от него зависит приживаемость, здоровье растений и конечная урожайность [3, 4].

Однако одной из серьёзных проблем при выращивании рассады огурца является полегание – потеря вертикального положения молодых растений, что зачастую связано с чрезмерным удлинением подсемядольного колена (гипокотиль). Этот участок стебля, расположенный между корневой шейкой и семядолями, особенно чувствителен к условиям выращивания. При недостаточном освещении, высокой температуре и влажности гипокотиль вытягивается, и рассада полегает. Длинное подсемядольное колено негативно влияет на

транспортировку, посадку и приживаемость растений, в итоге снижая продуктивность тепличного огурца. Рост и развитие гипокотиль являются одним из ключевых признаков морфогенеза рассады огурца. Особое внимание привлекают образцы с укороченным крепким гипокотилем (рис. 1).

При изучении данного признака у мутанта сорта Lemon в поколении F₂, полученного после обработки семян нейтронным облучением, была обнаружена линия Long hypocotyl (lh), которая характеризуется удлинённым гипокотилем и междоузлиями [5, 6]. Данные о наследовании длинного гипокотиль в популяции от скрещивания выделенного мутанта с линией MSU713-5 показали, что за данный фенотип отвечает один рецессивный ген, которому было присвоено обозначение lh.

Из полудикого образца Xishuangbanna SWCC8 (*C. sativus* var. xishuangbannanesis) была выделена линия Short hypocotyl (sh1) с укороченным гипокотилем, по сравнению с обычными культивируемыми огурцами. Ген sh1 локализован на хромосоме 3 и кодирует хроматин-ремоделирующий фактор, подобный человеческому SMARCA3 [7, 8], что подчёркивает важную роль регуляции структуры хроматина в контроле роста гипокотиль. Кроме того, известен фенотип Delayedgrowth (dl), который характеризуется укороченным гипокотилем и нескольких первых междоузлий, замедленной скоростью роста и слабой сцепленностью с геном de [9]. Аллель dl была выявлена в линиях DwarfMarketmore и DwarfTablegreen, которые унаследовали карликовость от линии Hardin'sPG57. Этот фенотип демонстрирует важность регуляции темпов роста при формировании архитектуры растения и может использоваться в селекции компактных сортов для интенсивного выращивания [10].

Недавно был идентифицирован ген CsHY2, связанный с линией elh1, характеризующейся длинным гипокотилем и удлинёнными междоузлиями. CsHY2 кодирует синтазу РФВ (фитоцианобилин), участвующую в биосинтезе фитохромного хромофора, и его мутация приводит к дефициту фитохромов, удлинению клеток гипокотиль и типичному фенотипу с желтовато-зелёной окраской листьев. Этот результат подтверждает консервативную



Рис. 1. Рассада огурца (*Cucumis sativus* L.) L.), различающаяся по длине гипокотиль. А – короткий гипокотиль, В – длинный гипокотиль. ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», Одинцовский округ, Московская область, авторское фото
Fig. 1. Cucumber seedlings (*Cucumis sativus* L.) differing in hypocotyl length. A – short hypocotyl; B – long hypocotyl. Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Vegetable Center”, Odintsovo district, Moscow region, author's photo

роль CsHY2 в регуляции фотоморфогенеза у огурца, аналогично другим видам растений [11].

Удлинение гипокотыля у рассады чувствительно к спектру света и регулируется фоточувствительными белками фитохромами (PHYs) и криптохромами (CRYs). Красный свет подавляет, а синий стимулирует рост гипокотыля, влияя на морфологию и сухую массу семян. Наибольшее подавление роста наблюдается при повышенной доле красного света (2R1B), сопровождаемая изменением экспрессии генов фотосенсоров и гормонов (ГА, БР). Эти данные указывают на взаимодействие световых сигналов с гормональными путями через транскрипционные факторы, такие как PIF4. Модель взаимодействия света, фоточувствительных белков и гормонов объясняет, почему дополнительное красное освещение эффективно формирует короткую и крепкую рассаду, что важно для оптимизации условий выращивания в теплицах [12].

При воздействии высокой температуры (35 °С) у семян огурца (*Cucumis sativus* L.) наблюдается резкое вытягивание подсемядольного колена [11, 13]. Рост подсемядольного колена в основном обусловлен продольным удлинением клеток при сохранении их поперечного размера, что сопровождается изменениями в структуре клеточной стенки [14]. Высокая температура вызывает повышение экспрессии гена CsPIF4, который, вероятно, интегрирует сигналы тепла и гормонов роста, таких как ауксин, способствуя удлинению подсемядольного колена [15].

Рост гипокотыля интактного этилированного проростка огурца продолжается в течение 11 суток с момента замачивания семян и достигает длины 116 мм. Первые трое суток гипокотыль огурца растет по всей длине, следующие восемь суток растет только его апикальный участок [16].

Оптимальная рассада огурца должна быть крепкой и коренастой, с длиной подсемядольного колена 4-6 см, что обеспечивает хорошее приживание, удобство транспортировки и высадки [17, 18]. Литературные данные о селекционной работе по этому признаку ограничены, однако контроль и оптимизация длины подсемядольного колена являются важной задачей селекции и технологии выращивания, направленной на повышение качества посадочного материала

Целью настоящего исследования стало комплексное изучение длины подсемядольного колена селекционных линий огурца, как морфологического признака, влияющего на устойчивость рассады огурца к полеганию, а также оценка стабильности этого признака в зависимости от сроков выращивания.

Предполагается использование выделенных по этому признаку линий в селекции гетерозисных гибридов огурца партенокарпического типа для весенних теплиц и временных плёночных сооружений.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2019, 2020, 2021 и 2025 годах в условиях рассадного отделения зимней теплицы типа «Ришель» на базе головного учреждения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) в Одинцовский районе Московской области. В качестве объектов использовали селекционный материал огурца (*Cucumis sativus* L.) лаборатории селекции и семеноводства тыквенных культур ФГБНУ ФНЦО. Ежегодно изучали около 30 выровненных по комплексу хозяйственно полезных признаков линий. Учёты длины подсемядольного колена проводили на наиболее контрастных по этому признаку формах.

Посев осуществляли 15 марта в 2019 и 2020 годах и 5 мая – в 2021 и 2025 годах. Рассаду выращивали на стеллажах в пластиковых горшочках объёмом 0,7 л, заполненных торфосмесью. Искусственное досвечивание не применяли. В фазу первого настоящего листа проводили расстановку растений с целью улучшения освещённости. Полив осуществляли по минимальной схеме с регулярным подсушиванием субстрата. Один раз в две недели проводили подкормку растений.

Измерение длины подсемядольного колена проводили в фазу развернутых семядолей и первого настоящего листа. Для учёта использовали выборку из 10-16 растений на каждый образец.

В период проведения опыта по изучению полегания рассады огурца естественная освещённость оценивалась по 4-х балльной шкале: 1 балл – пасмурно (освещённость менее 6000 лк), 2 – облачно (6000–20000 лк), 3 – малооблачно (20000–70000 лк), 4 – ясно (свыше 70000 лк) [19].

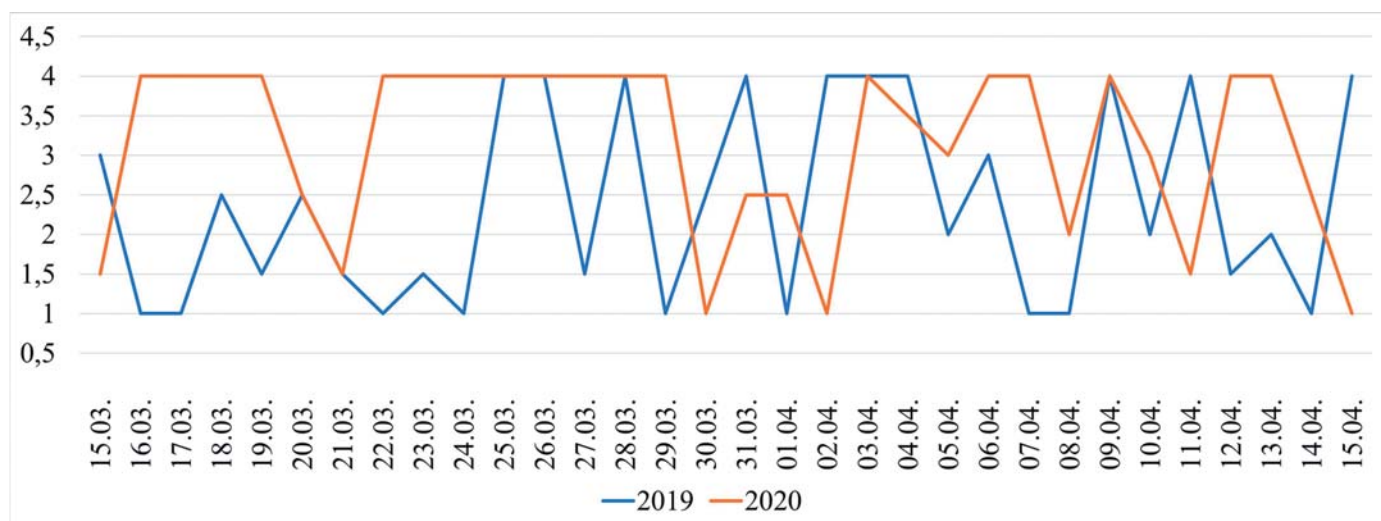


Рис. 2. Естественная освещённость 2019 и 2020 гг. (15.03-15.04)
Fig. 2. Natural light conditions in 2019 and 2020 (15.03-15.04)

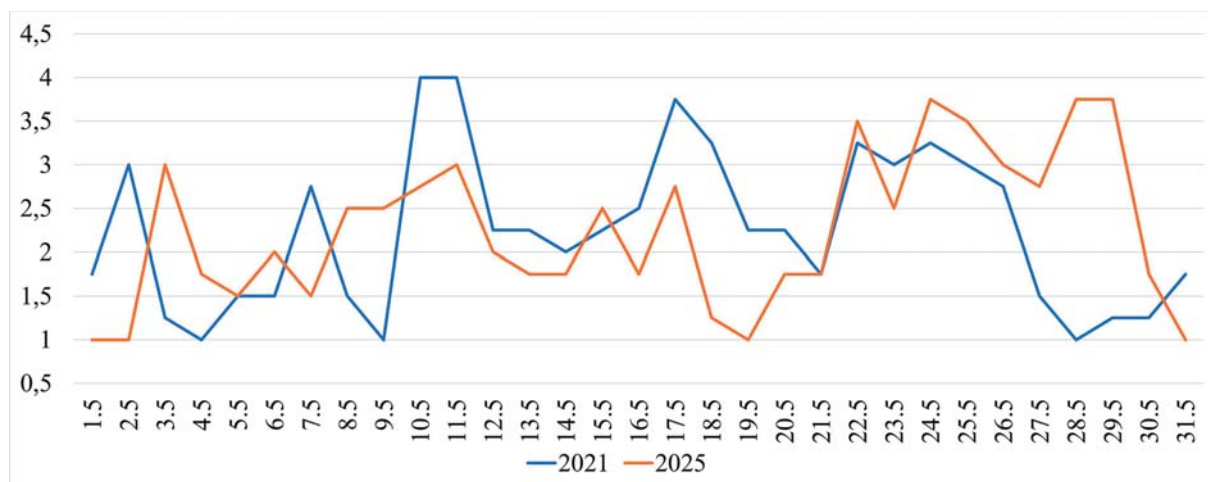


Рис. 3. Естественная освещенность в 2021 и 2025 годах (1.5-31.5)
Fig. 3. Natural light conditions in 2021 and 2025 (1.5-31.5)

Анализ динамики естественной освещенности в 2019 и 2020 годах в период с 15 марта по 15 апреля показал, что в 2019 году среднее значение составило 2,38 балла, при высокой вариабельности ($\sigma=1,25$), что свидетельствует о значительных колебаниях интенсивности света в течение месяца. В 2020 году средний уровень освещенности был существенно выше и составил 3,16 балла при более низкой вариабельности ($\sigma=1,11$), что отражает более стабильные и благоприятные световые условия для роста и развития растений (рис. 2).

В мае 2021 и 2025 года средний уровень освещенности был сопоставимым и составил 2,25 и 2,26 балла соответственно, что указывает на «облачно»- «малооблачно». Минимальные значения в оба года составляли 1 балл (пасмурно), при этом максимальная освещенность в 2021 году достигала 4 балла (ясно), тогда как в 2025 году – 3,75 балла. Вариабельность показателей была сопоставимой ($\sigma = 0,90$ и $0,87$), что указывает на сходные условия светового режима в разные годы. Поскольку освещенность является одним из ключевых факторов, определяющих морфогенез и устойчивость рассады к полеганию, полученные результаты позволяют рассматривать условия освещенности как фоновые и не искажающие сравнительный анализ изучаемого признака (рис. 3).

Для анализа данных использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с целью выявления статистически значимых различий между селекционными линиями по длине гипокотыля и высоте растения. Предпосылками для применения ANOVA являлись проверка нормальности распределения с помощью критерия Шапиро–Уилка и однородности дисперсий, оцененной тестом Левена.

При обнаружении значимых различий на уровне значимости $p \leq 0,05$ для сравнения средних значений применяли критерии наименьшей значимой разницы (LSD) Фишера и множественных диапазонов Дункана (MRT). Значения, помеченные одинаковыми буквами, статистически не отличались ($p \leq 0,05$).

Доля влияния факторов рассчитывалась как отношение суммы квадратов (SS) каждого фактора к общей сумме квадратов (общей SS).

Обработку экспериментальных данных выполняли с использованием общепринятых математико-статистических методов с применением пакета прикладных программ Microsoft Excel 2016 для Windows 10 и Statistica 7.0.

Результаты

Длина подсемядольного колена огурца существенно различалась в зависимости от условий выращивания. В условиях марта (2019–2020 годы) среднее значение составило 4,8 см, тогда как в мае (2021, 2025 годы) этот показатель увеличился до 6,79 см, что соответствует приросту на 1,99 см или 41,5%. Наибольшие значения в оба периода отмечены у линий Барс. (6,60 см и 9,97 см) и Трис. (6,90 см и 9,08 см), что свидетельствует о выраженной склонности к удлинению подсемядольного колена. Минимальные показатели зафиксированы у Хас. (3,00 см и 6,05 см) и Гар. (3,15 см и 5,21 см), однако и у этих образцов наблюдались существенные различия в зависимости от срока выращивания. В целом все изученные линии продемонстрировали увеличение длины подсемядольного колена при выращивании в мае, при этом наибольший прирост отмечен у Кар. (от 4,00 до 7,41 см), а минимальный – у Ур. (от 3,90 до 4,36 см). Различия, по этому признаку, при выращивании рассады в марте и мае, оказались статистически достоверными ($t=-7,48$; $p < 0,001$), что указывает на существенное влияние погодных условий на формирование подсемядольного колена огурца (рис. 4).

Согласно результатам дисперсионного анализа, наибольший вклад в формирование признака вносила «линия (генотип)» (72,08%), тогда как доля фактора «год» и взаимодействия «линия × год» составили по 9,90%. Доля случайных факторов была незначительной (7,40%), что подтверждает надёжность полученных данных. В 2021 году диапазон варьирования этого признака составлял 3,88–8,79 см, в 2025 году – 4,84–8,50 см. Среднее значение по выборке увеличилось с 5,73 до 6,69 см ($\approx +16,8\%$). Большинство линий показали тенденцию к увеличению длины подсемядольного колена на следующий год исследований. Наибольший прирост отмечен у Кар. (+2,18 см) и Мон. (+2,02 см), тогда как у Пр. наблюдалось достоверное снижение (с 8,79 до 7,69 см) (табл. 1).

Сравнение по критерию Дункана позволило разделить изученные линии, по длине гипокотыля, на три укрупнённые группы:

- Короткие (e–f): Гар., Мер., Ур.. Эти линии стабильно формировали минимальные значения признака и представляют практический интерес как источник ком-

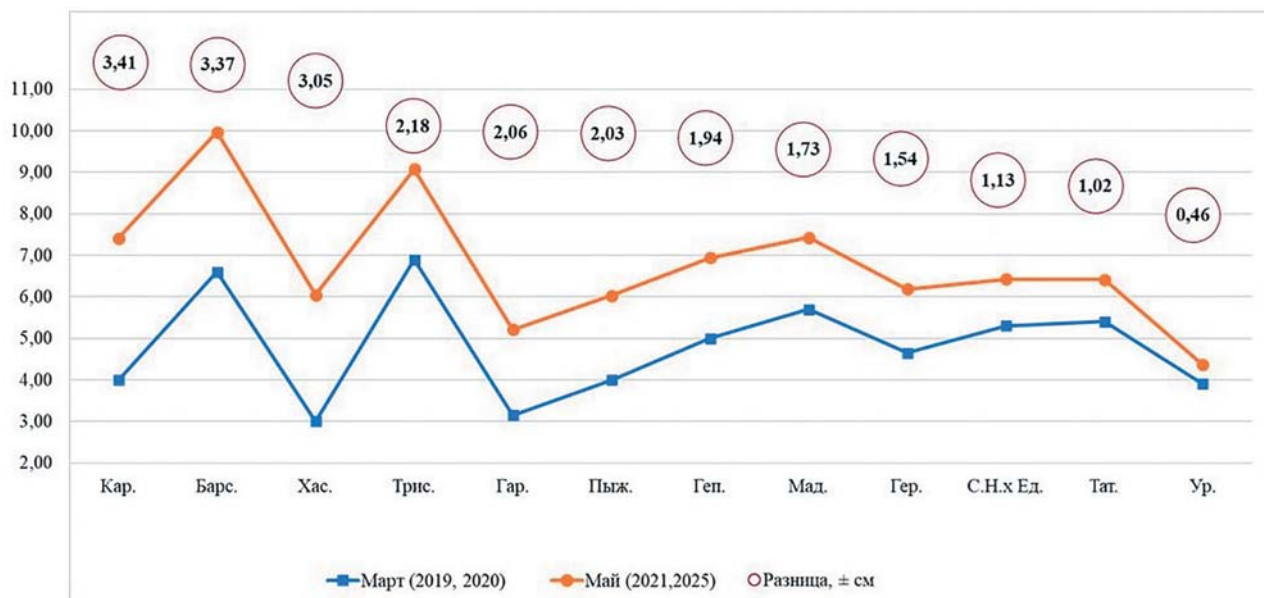


Рис. 4. Длина подсемядольного колена рассады огурца, при посеве в различные сроки, см
Fig. 4. Hypocotyl length of cucumber seedlings sown at different dates, cm

пактной рассады. Особенно выделяется Ур., который в оба года оставался в нижней статистической группе.

- Средние (с–d): Тат., Мон.. Длина подсемядольного колена у этих линий находилась на промежуточном уровне, при этом Мон. показала выраженный рост в 2025 году.

- Длинные (а–b): Пр., Кар., Мад., Геп.. Эти образцы характеризовались наиболее развитым подсемядольным коленом, однако чрезмерная его длина может рассматриваться как нежелательный признак в производственных условиях.

Сопоставление полученных результатов с метеорологическими данными показывает, что в мае 2021 и 2025 годов условия освещённости были схожими. Вариабельность освещённости была сопоставимой ($\sigma=0,90$ и $0,87$), что указывает на одинаковый световой режим в годы исследований. Поскольку освещённость является одним из ключевых факторов, определяющих морфогенез и устойчивость рассады к полеганию, её близкие значения в разные годы позволяют рассматривать условия среды как фоновые и не искажающие сравнительный анализ изучаемого признака (рис. 3).

Таблица 1. Длина подсемядольного колена рассады огурца, см
Table 1. Hypocotyl length of cucumber seedlings, cm

Линия (Фактор А)	Год (Фактор В)		Двухфакторный дисперсионный анализ: факторы/доля влияния фактора, %
	2021	2025	
Кар.	6,32±0,12 A/bc	8,50 ±0,13 B/a	фактор А* /72,08, фактор В* /9,90, фактор А фактор В* /9,90, случайные факторы/ 7,40
Мад.	6,58±0,12 A/b	8,28 ±0,09 B/a	
Пр.	8,79 ± 0,14A/a	7,69±0,16 B/b	
Геп.	6,25±0,24 A/bc	7,62±0,17 B/b	
Тат.	6,06±0,14 A/c	6,73±0,13 B/c	
Мон.	3,89±0,13 A/e	5,91±0,09 B/d	
Гар.	5,04±0,04 A/d	5,38±0,18 B/e	
Мер.	4,74±0,20 A/d	5,28 ± 0,10 B/e	
Ур.	3,88 ±0,07 A/e	4,84±0,07 B/f	

Примечание: представленные значения являются средними. Для каждого года исследований использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), а средние значения сравнивались с использованием критерия множественных диапазонов Дункана (MRT). Прописными буквами показано сравнение между годами в пределах одной линии, строчными буквами, и в пределах одного года между линиями. Значения, отмеченные одинаковой буквой, не имели достоверных различий при $p_{0,05}$.

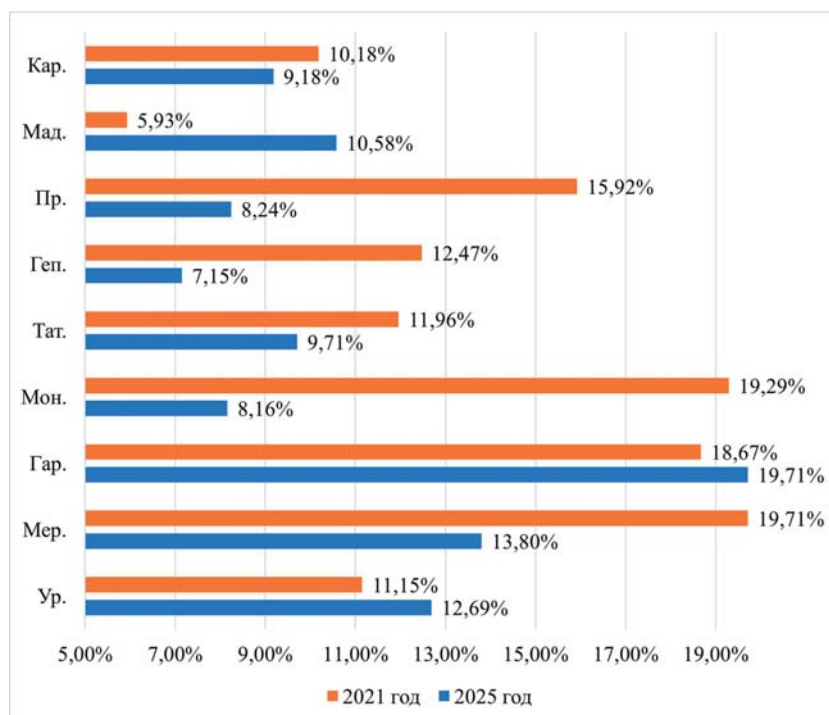


Рис. 5. Коэффициент вариации (CV) длины подсемядольного колена
 Fig. 5. Coefficient of variation of hypocotyl length

Коэффициент вариации (CV), показывающий выравненность признака «длина гипокотыля», в 2021 году у различных линий составлял от 6 до 19,7%, а в 2025 году – от 7 до 18,7%. В 2021 году наибольшая изменчивость (18,7-19,7%) наблюдалась у Мер., Гар. и Мон., что указывает на относительную пестроту по этому признаку. В 2025 году у первых двух линий коэффициент вариации оставался по-прежнему высоким, а у третьей – Мон. – уменьшился более чем в 2 раза. Наиболее выравненными, по длине гипокотыля в оба года исследований, были: Мад., Кар., Геп., немного им уступала линия Тат.

Особое значение имеет стабильность выраженности признака по годам. Наиболее стабильными были: Кар., Гар. и Ур., коэффициент вариации длины гипокотыля, в зависимости от года исследований, изменялся не более, чем на 1-1,5%. Наиболее не стабильными, по этому признаку, в дополнение к Мон., были Мад. И Пр., коэффициент вариации длины подсемядольного колена в 2025 году у них уменьшился почти в 2 раза. (рис. 5).

В пределах одного года линии с коротким подсемядольным колена в пределах одного года линии с коротким подсемядольным коленам: Гар., Мер. характеризовались более

Таблица 2. Морфологическая характеристика селекционных линий огурца (*Cucumis sativus* L.)
 Table 2. Morphological characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) breeding lines

Линия	Длина подсемядольного колена, см	Длина междоузлий, см	Высота растений, см
Кар.	8,50 ± 0,13	9,45 ± 0,19	332,00 ± 8,5
Мад.	8,28 ± 0,09	8,49 ± 0,21	332,00 ± 11,6
Пр.	7,69 ± 0,16	7,26 ± 0,32	318 ± 4,0
Геп.	7,62 ± 0,17	8,80 ± 0,25	266,00 ± 16,7
Тат.	6,73 ± 0,13	7,87 ± 0,24	283 ± 18,0
Мон.	5,91 ± 0,09	8,38 ± 0,31	350 ± 10,0
Гар.	5,38 ± 0,18	6,52 ± 0,23	283 ± 18,0
Мер.	5,28 ± 0,10	7,5 ± 0,46	340 ± 10,0
Ур.	4,84 ± 0,07	7,97 ± 0,30	295 ± 5,0

высоким коэффициентом вариации этого признака и лишь Ур. – средним.

ом: Гар., Мер. характеризовались более высоким коэффициентом вариации этого признака и лишь Ур. – средним. Линии с более длинным гипокотилем: Кар., Мад., Геп. отличались более высокой выравненностью этого признака и лишь Пр. – средней. Это указывает на возможность эффективного отбора по длине подсемядольного колена.

Все изучаемые селекционные линии можно условно сгруппировать следующим образом: среднерослые формы (Ур., Гар., Геп., Тат.), высокорослые (Пр., Кар., Мад., Мер., Мон.), что упрощает их селекционную оценку и практическое использование (табл. 2).

Сравнительный анализ длины подсемядольного колена, междоузлий и общей высоты растений показал чёткие различия по морфотипу между образцами. Удлиненное подсемядольное колено у Пр., Кар. и Мад. сопровождалось длинными междоузлиями и высоким основным стеблем, тогда как короткое подсемядольное колено у Ур. и Гар. обеспечивало более компактную рассаду и среднюю высоту. Образцы Мер. и Мон., при коротком и среднем подсемядольном колене формировали длинный основной побег, сочетая преимущества компактной рассады и мощного роста. Линия Геп., имеющая длинный гипокотиль в фазе рассады, отличалась среднерослыми растениями. Тат. выделялась средней высотой, при средних значениях междоузлий и подсемядольного колена, демонстрируя ограниченный рост.

Проведённый корреляционный анализ подтвердил, что длина подсемядольного колена тесно связана с длиной междоузлий ($r = 0,76$), что отражает их сопряжённое развитие, однако её влияние на высоту растений выражено очень слабо ($r=0,15$). На слабую эффективность отбора по «высоте растений» в фазу семядолей указывает и Шевкунов В.Н. [20]. В то же время длина междоузлий показала среднюю положительную связь с высотой растений ($r=0,57$). Таким образом, высота растений в большей степени определяется длиной междоузлий, чем подсемядольного колена, но не является строго определяющим фактором. Это даёт возможность вести селек-

цию на устойчивость рассады к полеганию различных по высоте линий. Следует отметить такие линии, как Мер. и Мон., представляющие интерес для селекции на сочетание компактности рассады и высокой вегетативной массы взрослых растений. Линии Ур., Гар., могут служить ценным исходным материалом в селекции среднерослых, устойчивых к полеганию в фазе рассады форм.

Заключение

Сравнение по критерию Дункана позволило разделить изученные линии, по длине гипокотыля на три укрупнённые группы. В группу с коротким гипокотилем вошли линии, длина подсемядольного колена у которых составляла 3,8-5,4 см; со средним гипокотилем – 6,1-7,6 см; с длинным гипокотилем – 6,2-8,8 см.

Линии с коротким подсемядольным коленом зачастую характеризовались более высоким коэффициентом вариации этого признака по сравнению с образцами, отличающимися более длинным гипокотилем. Это указывает на возможность отбора по длине подсемядольного колена. Однако стабильность выраженности этого признака по годам не зависела от длины гипокотыля. Особый интерес для селекции представляет линия Ур., отличающаяся не только коротким подсемядольным коленом, но и более низким коэффициентом вариации этого признака по сравнению с другими образцами с коротким гипокотилем.

Проведённый корреляционный анализ подтвердил, что длина подсемядольного колена тесно связана с длиной междоузлий ($r=0,76$), что отражает их сопряжённое развитие, однако её влияние на высоту растений выражено очень слабо ($r=0,15$). Это даёт возможность вести селекцию на устойчивость рассады к полеганию различных по высоте линии.

Выделены линии с коротким подсемядольным коленом, обуславливающим устойчивость рассады к полеганию, которые могут быть использованы для селекции среднерослых (Ур., Гар.) и высокорослых (Мер. и Мон.) гибридов огурца партенокарпического типа для весенних теплиц и временных укрытий.

• Литература

1. Российский сорт в открытом и закрытом грунте. Журнал «Агроинвестор» [Электронный ресурс]. <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/43288-rossiyskiy-sort-v-otkrytom-i-zakrytom-grunte-dolya-semyan-otechestvennoy-seleksii-ovoshche-i-kart/>. Дата обращения: 19 июня 2025.
2. Тепличные тренды. Журнал «Сельскохозяйственные вести». [Электронный ресурс]. <https://agri-news.ru/zhurnal/2022/3-2022/teplichnye-trendy/>. Дата обращения: 19 июня 2025
3. FAOSTAT. [Электронный ресурс]. <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL>. Дата обращения: 19 июня 2025.
4. Федеральная служба государственной статистики. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. <https://rosstat.gov.ru/>. Дата обращения: 19 июня 2025.
5. Robinson R., Shail J. A cucumber mutant with increased hypocotyl and internode length. *Report, Cucurbit Genetics Cooperative*. 1981;(4):19–20.
6. Koornneef M., van der Knaap B. A second long hypocotyl mutant at the 1h locus. *Cucurbit Genetics Cooperative Reports*. 1983;6:3.
7. Bo K., Ma Z., Chen J., Weng Y. Molecular mapping reveals structural

rearrangements and quantitative trait loci underlying traits with local adaptation in semi-wild Xishuangbanna cucumber (*Cucumis sativus* L. var. *xishuangbannanensis* Qi et Yuan). *Theoretical and Applied Genetics*. 2015;128(1):25–39.

<https://doi.org/10.1007/s00122-014-2410-z>

8. Bo K., Wang H., Pan Y., Behera T.K., Pandey S., Wen C., et al. Short hypocotyl1 Encodes a SMARCA3-Like Chromatin Remodeling Factor Regulating Elongation. *Plant Physiology*. 2016;172(2):1273–1292.

<https://doi.org/10.1104/pp.16.00501>

9. Miller G.A., George Jr.W.L. Inheritance of Dwarf and Determinate Growth Habits in Cucumber1. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1979;104(1):114–117.

10. Weng Y., Wehner T.C. Cucumber Gene Catalog. 2017. 2017;40:17–54.

11. Hu L., Liu P., Jin Z., Sun J., Weng Y., Chen P., et al. A mutation in CsHY2 encoding a phytochromobilin (PФВ) synthase leads to an elongated hypocotyl 1(elh1) phenotype in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2021;134(8):2639–2652.

<https://doi.org/10.1007/s00122-021-03849-4>

12. Song J., Cao K., Hao Y., Song S., Su W., Liu H. Hypocotyl elongation is regulated by supplemental blue and red light in cucumber seedling. *Gene*. 2019;707:117–125.

<https://doi.org/10.1016/j.gene.2019.04.070>

13. Zhang K, Pan J, Chen Y, Wei Y, Du H, Sun J, et al. Mapping and identification of CsSh5.1, a gene encoding a xyloglucan galactosyltransferase required for hypocotyl elongation in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2021;134(4): 979–991. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03754-2>
14. Gao H, Song W, Severing E, Vayssières A, Huettel B, Franzen R, et al. PIF4 enhances DNA binding of CDF2 to co-regulate target gene expression and promote Arabidopsis hypocotyl cell elongation. *Nature Plants*. 2022;8(9):1082–1093. <https://doi.org/10.1038/s41477-022-01213-y>.
15. Nie J, Jiang Y, Lv L, Shi Y, Chen P, Zhang Q, et al. The bHLH transcription factor CsPIF4 positively regulates high temperature-induced hypocotyl elongation in cucumber. *Horticultural Plant Journal*. 2024;10(5):1187–1197. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2023.03.017>
16. Широкова Н.П. Рост и строение проростков некоторых видов растений семейств Cucurbitaceae и Fabaceae. *Проблемы Современной Науки*. 2013;(9):10–15. <https://elibrary.ru/rfnip>
17. Юрина А.В., Мамонова Л.Г., Кардашина Л.А. Тепличное овощеводство. Свердловск; 1989.
18. Портянкин А.Е. Огурец: От посева до урожая. 2010. 400 с. <https://elibrary.ru/qlalp>
19. DIN 5034-2-2025 Daylight in interiors – Part 2: Principles от 01 February 2025 – docs.cntd.ru. <https://docs.cntd.ru/document/1312982326>.
Дата обращения: 10 ноября 2025.
20. Шевкунов В.Н. Селекция пчелоопыляемых гибридов F1 огурца, устойчивых к пониженной освещенности. *Гавриш*. 2009;(2):35–37. <https://elibrary.ru/kaqjft>

• References

- Russian Variety in Open and Closed Ground. Agriinvestor Magazine [Electronic resource]. <https://www.agriinvestor.ru/markets/article/43288-rossiyskiy-sort-v-otkrytom-i-zakrytom-grunte-dolya-semyan-otechestvennoy-selektzii-v-ovoshche-i-kart/>. Accessed: June 19, 2025.
- Greenhouse Trends. Agricultural News Magazine. [Electronic resource]. <https://agri-news.ru/zurnal/2022/3-2022/teplichnye-trendy/>. Accessed: June 19, 2025
- FAOSTAT. [Electronic resource]. <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL>. Accessed June 19, 2025.
- Federal State Statistics Service. [Electronic resource]. <https://rosstat.gov.ru/>. Accessed June 19, 2025.
- Robinson R., Shail J. A cucumber mutant with increased hypocotyl and internode length. *Report, Cucurbit Genetics Cooperative*. 1981;(4):19–20.
- Koornneef M., van der Knaap B. A second long hypocotyl mutant at the 1h locus. *Cucurbit Genetics Cooperative Reports*. 1983;6:3.
- Bo K., Ma Z., Chen J., Weng Y. Molecular mapping reveals structural rearrangements and quantitative trait loci underlying traits with local

- adaptation in semi-wild Xishuangbanna cucumber (*Cucumis sativus* L. var. *xishuangbannanensis* Qi et Yuan). *Theoretical and Applied Genetics*. 2015;128(1):25–39. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2410-z>
8. Bo K., Wang H., Pan Y., Behera T.K., Pandey S., Wen C., et al. Short hypocotyl1 Encodes a SMARCA3-Like Chromatin Remodeling Factor Regulating Elongation. *Plant Physiology*. 2016;172(2):1273–1292. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00501>
9. Miller G.A., George Jr.W.L. Inheritance of Dwarf and Determinate Growth Habits in Cucumber. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1979;104(1):114–117.
10. Weng Y., Wehner T.C. Cucumber Gene Catalog. 2017;40:17–54.
11. Hu L., Liu P., Jin Z., Sun J., Weng Y., Chen P., et al. A mutation in CsHY2 encoding a phytochromobilin (PФВ) synthase leads to an elongated hypocotyl 1(elh1) phenotype in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2021;134(8):2639–2652. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03849-4>
12. Song J., Cao K., Hao Y., Song S., Su W., Liu H. Hypocotyl elongation is regulated by supplemental blue and red light in cucumber seedling. *Gene*. 2019;707:117–125. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2019.04.070>
13. Zhang K, Pan J, Chen Y, Wei Y, Du H, Sun J, et al. Mapping and identification of CsSh5.1, a gene encoding a xyloglucan galactosyltransferase required for hypocotyl elongation in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2021;134(4): 979–991. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03754-2>
14. Gao H, Song W, Severing E, Vayssières A, Huettel B, Franzen R, et al. PIF4 enhances DNA binding of CDF2 to co-regulate target gene expression and promote Arabidopsis hypocotyl cell elongation. *Nature Plants*. 2022;8(9):1082–1093. <https://doi.org/10.1038/s41477-022-01213-y>
15. Nie J, Jiang Y, Lv L, Shi Y, Chen P, Zhang Q, et al. The bHLH transcription factor CsPIF4 positively regulates high temperature-induced hypocotyl elongation in cucumber. *Horticultural Plant Journal*. 2024;10(5):1187–1197. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2023.03.017>
16. Shirokova N.P. Growth and structure of seedlings of some plant species of the Cucurbitaceae, Fabaceae family. *Problems of Modern Science*. 2013;(9):10–15. <https://elibrary.ru/rfnip> (In Russ.)
17. Yurina A.V., Mamonova L.G., Kardashina L.A. Greenhouse Vegetable Production. Sverdlovsk; 1989. (In Russ.)
18. Portyankin A.E. Cucumber: From sowing to harvest. 2010. 400 p. <https://elibrary.ru/qlalp> (In Russ.)
19. DIN 5034-2-2025 Daylight in interiors – Part 2: Principles 01 February 2025 - docs.cntd.ru. <https://docs.cntd.ru/document/1312982326>
Accessed: 10 November 2025.
20. Shevkunov V.N. Selection of bee-pollinated F₁ cucumber hybrids resistant to low light. *Gavrish*. 2009;(2):35–37. <https://elibrary.ru/kaqjft> (In Russ.)

Об авторах:

Сергей Николаевич Белов – кандидат с.-х. наук, младший научный сотрудник лаб. репродуктивной биотехнологии в селекции сельскохозяйственных растений, <https://orcid.org/0000-0002-4387-9153>, SPIN-код: 2054-6579, автор для переписки, belov.ser.nik@gmail.com

Ирина Борисовна Коротцева – кандидат с.-х. наук, зав. лаб. селекции и семеноводства тыквенных культур, <https://orcid.org/0000-0001-5108-3289>, SPIN-код: 2400-3150, korottseva@mail.ru

Виктор Федорович Пивоваров – доктор с.-х. наук, академик РАН, научный руководитель, <https://orcid.org/0000-0001-9522-8072>, pivovarov@vniissok.ru

About the Authors:

Sergey N. Belov – Cand. Sci. (Agriculture), Junior Researcher of Laboratory of Reproductive Biotechnology in Crop Breeding, <https://orcid.org/0000-0002-4387-9153>, SPIN-code: 2054-6579, Correspondence Author, belov.ser.nik@gmail.com

Irina B. Korottseva – Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Laboratory of Selection and Seed Production of Pumpkin Crops, <https://orcid.org/0000-0001-5108-3289>, SPIN-code: 2400-3150, korottseva@mail.ru

Victor F. Pivovarov – Dr. Sci. (Agriculture), Full Member of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director, <https://orcid.org/0000-0001-9522-8072>, pivovarov@vniissok.ru