

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА
AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

УДК [634.13:631.526.32]:581.143.6(476)
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2026-64-2-111-127>

Поступила в редакцию 19.08.2025
Received 19.08.2025

Е. В. Колбанова, Н. В. Кухарчик, Т. Н. Божидай

*Институт плодородства, Национальная академия наук Беларуси, Самохваловичи,
Республика Беларусь*

**РИЗОГЕНЕЗ *IN VITRO* И АДАПТАЦИЯ *EX VITRO* СОРТОВ ГРУШИ,
РАЙОНИРОВАННЫХ В БЕЛАРУСИ**

Аннотация. Объектами исследований стали 7 районированных в Республике Беларусь сортов груши, в том числе 6 белорусской селекции (Белорусская поздняя, Купала, Просто Мария, Спакуса, Ясачка, Кудесница) и интродуцированный сорт Талгарская красавица. При одноэтапном укоренении сортов груши использование среды DKW с уменьшенной концентрацией макросолей (¼), микросолей (½), железа (60 мг/л Ferric-EDDHA), сахарозы (2 %), дополненной 1,0 мг/л ИМК, позволяет получить 27,0 % укорененных растений сорта Белорусская поздняя, 43,0 % – Кудесница, 73,0 % – Просто Мария, 33,0 % – Талгарская красавица и 63,0 % – Ясачка. Для сортов Купала и Спакуса добавление ИМК в концентрации 0,2 мг/л обеспечивает 89,0 и 90,0 % соответственно укорененных растений без образования мягкого каллуса у основания побегов. Двухэтапная схема укоренения (темновая фаза – 7 дней – на агаризованной среде MS с концентрацией макросолей ½ или ¼, микросолей ½, сахарозы 2 %, ИМК 3 или 5 мг/л и последующее культивирование при освещении в течение 6 недель на безгормональной среде того же минерального состава, что и в темновую фазу, с добавлением вермикулита или без вермикулита) позволяет получить высокий процент укорененных растений-регенерантов у всех сортов. Эффективность адаптации *ex vitro* растений-регенерантов груши составила 92,9–100,0 % при применении стерильного субстрата торф : агроперлит (1 : 1). Увеличить количество адаптированных растений сортов груши можно за счет посадки в субстрат не только укорененных *in vitro* растений-регенерантов, но и растений, которые не дали корней при культивировании на среде, содержащей ИМК. У сортов Спакуса, Купала, Ясачка 79,0–88,0 % неукорененных микропобегов давали корни при посадке в стерильный субстрат. У сортов Талгарская красавица, Кудесница и Белорусская поздняя данный показатель колебался от 18,0 до 25,0 %, у сорта Просто Мария достигал 44,0 %.

Ключевые слова: *Pyrus*, ризогенез *in vitro*, адаптация *ex vitro*, питательная среда, DKW, MS

Для цитирования: Колбанова, Е. В. Ризогенез *in vitro* и адаптация *ex vitro* сортов груши, районированных в Беларуси / Е. В. Колбанова, Н. В. Кухарчик, Т. Н. Божидай // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2026. – Т. 64, № 2. – С. 111–127. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2026-64-2-111-127>

Elena V. Kolbanova, Natallia V. Kukharchyk, Tatsiana N. Bazhydai

Institute for Fruit Growing, National Academy of Sciences of Belarus, Samokhvalovichy, Republic of Belarus

***IN VITRO* RHIZOGENESIS AND *EX VITRO* ADAPTATION OF PEAR CULTIVARS REGIONALIZED
IN BELARUS**

Abstract. The objects of study were 7 pear cultivars zoned in the Republic of Belarus including 6 cultivars of Belarusian selection (Belorusskaya Pozdnyaya, Kupala, Prosto Maria, Spakusa, Yasachka, Kudesnitsa) and introduced cultivar (Talgarskaya Krasavitsa). At one-stage rooting of pear cultivars, the use of DKW medium with a reduced concentration of macrosalts (¼), microsals (½), iron (60 mg/l Ferric-EDDHA), sucrose (2 %), supplemented with 1.0 mg/l IBA allows to obtain 27.0 % of rooted plants of cv. Belorusskaya Pozdnyaya, 43.0 % of cv. Kudesnitsa, 73.0 % of cv. Prosto Maria, 33.0 % of cv. Talgarskaya Krasavitsa, and 63.0 % of cv. Yasachka. For cultivars Kupala and Spakusa, the use of 0.2 mg/l IBA provides 89.0 and 90.0 %, respectively, rooted plants without formation of soft callus at the base of shoots. The use of two-stage rooting schemes (dark phase (7 days) on MS agar medium with concentration of macrosalts (½ or ¼), microsals (½), sucrose (2 %), IBA (3 or 5 mg/l), and subsequent cultivation under illumination (6 weeks) on a hormone-free medium of the same mineral composition

as in dark phase, with or without vermiculite) allows obtaining the high percentage of rooted microplants in all cultivars. The efficiency of *ex vitro* adaptation of pear regenerated plants was 92.9–100.0 % when using a sterile peat : agropertilite (1 : 1) substrate. The number of adapted plants of pear cultivars can be increased by planting in the substrate not only *in vitro* rooted regenerated plants, but also plants that did not produce roots when cultivated on medium containing IBA. For cultivars Spakusa, Kupala, Yasachka 79.0–88.0 % of unrooted microshoots produced roots when planted in sterile substrate. For cultivars Talgarskaya Krasavitsa, Kudesnitsa, and Belorusskaya Pozdnyaya rooting rate varied from 18.0 to 25.0 %, for Prosto Maria – 44.0 %.

Keywords: *Pyrus*, *in vitro* rhizogenesis, *ex vitro* adaptation, nutrient medium, DKW, MS

For citation: Kolbanova E. V., Kukharchyk N. V., Bazhydai T. N. *In vitro* rhizogenesis and *ex vitro* adaptation of pear cultivars regionalized in Belarus. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2026, vol. 64, no. 2, pp. 111–127 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2026-64-2-111-127>

Введение. Для укоренения представителей рода *Pyrus* часто применяют одноэтапную схему укоренения с питательной средой Мурасиге и Скуга (MS), полной [1–7] или разбавленной в 2 [8–18] или 3 раза [19, 20], а также с уменьшением концентрации сахарозы до 1,5–2 % [14, 15, 17, 20, 21]. В качестве стимуляторов ризогенеза применяют ИМК [3, 4, 7–9, 13, 16, 20, 22–23], НУК [2–3, 8, 14, 19–22], реже ИУК [5, 15, 22]. При одноэтапной схеме укоренения выдержка микропобегов в темноте в течение 7–9 дней при комнатной температуре требовалась для успешного укоренения сортов *P. communis* Passe-Crassane [19], Conference [21, 24], Durondeau, Doyenné du Comice, Professeur Molon [21].

Некоторые ученые использовали для укоренения представителей рода *Pyrus* двухэтапную схему укоренения. Стопроцентное укоренение было получено у побегов сорта *P. communis* Bartlett × La France при выдерживании их в темноте в течение 7 дней на среде MS с 0,2 мг/л ИМК и при последующем культивировании на безгормональной среде, однако отмечено формирование каллуса у побегов [6]. При укоренении подвоев *P. communis* OH × F69, OH × F40 и OH × F87 лучшие результаты получены при посадке растений на среду ½ MS, содержащую 2 мг/л ИМК (в течение 7 дней в темноте или на свету), с последующим культивированием на безгормональной среде. Необходимость темновой фазы инициации корней отмечена для подвоев груши *P. communis* OH × F69, но не требовалась для OH × F40 и OH × F87 [11]. Максимальная эффективность укоренения мутации сорта Dr. Jules Guyot *P. communis* получена исследователями при культивировании побегов на среде ½ MS с 2 мг/л ИМК в течение 5 дней на свету и с последующим переносом на безгормональную среду ½ MS без вермикулита (82,0 %) или с вермикулитом (81,9 %). При уменьшении времени культивирования на среде с 2 мг/л ИМК с 5 до 2 дней процент укоренения снижался с 81,9 до 40,0 [16]. В [25] отмечена 85–100%-я эффективность укоренения сортов *P. communis* Выжница, Львовский сувенир, Роксолана, Христианка, Черемшина, Этюд при культивировании на среде ½ MS с 0,3–1,0 мг/л ИМК в течение 2–3 дней, а затем на среде аналогичного состава, не содержащей ИМК, в то время как эффективность укоренения при одностадийной схеме была в 1,5–2 раза ниже.

Таким образом, укоренение сортов груши очень сложный этап, имеющий видовую и сортовую специфичность. Данный факт подтверждается результатами [24], согласно которым из 10 сортов *P. communis* успешное укоренение отмечено только у сорта Conference. В [26] сообщается об отсутствии положительного эффекта при работе с микрочеренками *P. calleryana* Bradford даже после двух лет исследований. В работе [27] изучалась укореняемость 49 видов и сортов *Pyrus*: 28 образцов, в основном сорта *P. communis* (25), укореняются лучше всего (50 %). У микропобегов *P. betulaefolia*, *P. calleryana*, *P. hondoensis*, *P. koehnei*, *P. pashia*, *P. pyrifolia*, *P. regelii*, *P. ussuriensis* не было получено корней ни в одном из вариантов обработок [27].

Влияние генотипа на результативность адаптации *ex vitro* сортов яблони и груши отмечается в [7]. С аналогичными трудностями столкнулся и автор работы [22] при адаптации *ex vitro* сортов груши: эффективность не превышала 60–80 %. Около 50 % растений было получено у сортов Durondeau, Conference, Doyenné du Comice, Professeur Molon [21]. Эффективность адаптации составила около 50 % у сортов *P. communis* William's Bon Chrétien, Packam's Triumph and Beurré Bosc при использовании смеси стерильного торфа и перлита (1 : 1) [3]; 83 % у сорта Williams – на стерильном вермикулите [20]; 90 % у сорта Conference – на смеси торфа и перлита (1 : 5) [15]; 79 % у мутации сорта Dr. Jules Guyot (*P. communis*) – на смеси стерильного торфа, перлита

и песка (1 : 1 : 1) [16]; 61,5 % у подвоя *P. Calleryana* D-6 – на смеси торфа и перлита (8 : 2) [10]; 90 % у подвоя *P. communis* Rygodwarf – на кокосовом торфе и перлите (3 : 1) [5]. Для адаптации сеянцев *P. calleryana* использовали смесь торфа, песка и агроперлита (6 : 3 : 1) [14], сортов *P. communis* Выжница, Львовский сувенир, Роксолана, Христианка, Черемшина – смесь торфа, перлита и песка (4 : 1 : 1) [25], сорта *P. communis* Passe-Crassane – вермикулит [19].

Цель исследования – выявить особенности ризогенеза *in vitro* и адаптации *ex vitro* районированных в Республике Беларусь сортов груши.

Материалы и методы. Исследования проводили в отделе биотехнологии РУП «Институт плодородства» в 2019–2024 гг. Объектами исследований стали растения-регенеранты сортов груши Белорусская поздняя, Купала, Просто Мария, Спакуса, Ясачка (*P. communis* × *P. ussuriensis*), Кудесница (*P. communis* × *P. pyrifolia*) и интродуцированный сорт Талгарская красавица (*P. communis* × *P. pyrifolia*).

Схема I. Одноэтапное укоренение с использованием агаризованной среды **D** в течение 4 недель при фотопериоде 16/8 ч.

D: ¼ макросоли по Driver and Kuniyuki Walnut medium (DKW), ½ микросоли по DKW, Ferric-EDDHA (Duchefa Biochemie) – 60 мг/л, витамины по DKW, сахароза – 20 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8. Обозначение сред: **D б/г** (без добавления β-индолилмасляной кислоты (ИМК)); **D 0,1** (добавление ИМК в концентрации 0,1 мг/л); **D 0,2** (0,2 мг/л ИМК); **D 0,3** (0,3 мг/л ИМК); **D 0,5** (0,5 мг/л ИМК); **D 0,6** (0,6 мг/л ИМК); **D 0,8** (0,8 мг/л ИМК); **D 1,0** (1,0 мг/л ИМК).

Схема II. Одноэтапное укоренение. Темновая фаза 7 дней для инициации корнеобразования с использованием агаризованной среды ½ **MS** и ½ **MS ma** и последующее культивирование на этих же средах в течение 3 недель при фотопериоде 16/8 ч.

½ **MS:** ½ макро- и микросоли по MS, ½ FeNa-EDTA по MS, витамины по MS, сахароза – 30 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8. Обозначение сред: ½ **MS 0** (без добавления ИМК); ½ **MS 0,2** (0,2 мг/л ИМК); ½ **MS 0,3** (0,3 мг/л ИМК).

½ **MS ma:** ½ макросоли по MS, микросоли по MS, FeNa-EDTA по MS, витамины по MS, сахароза – 30 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8. Обозначение сред: ½ **MS ma 0** (без добавления ИМК); ½ **MS ma 0,2** (0,2 мг/л ИМК); ½ **MS ma 0,3** (0,3 мг/л ИМК).

Схема III. Двухэтапное укоренение. Темновая фаза 7 дней для инициации корнеобразования с использованием агаризованной среды **MS**, дополненной тремя концентрациями ИМК, последующее культивирование на безгормональной среде ½ **MS б/г** в течение 42 дней при фотопериоде 16/8 ч.

MS: макро- и микросоли по MS, FeNa-EDTA по MS, витамины по MS, сахароза – 30 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8. Обозначение сред: **MS 1,0** (добавление ИМК в концентрации 1,0 мг/л); **MS 1,5** (1,5 мг/л ИМК); **MS 3,0** (3,0 мг/л ИМК).

½ **MS б/г:** ½ макро- и микросоли по MS, ½ FeNa-EDTA по MS, витамины по MS, сахароза – 20 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8.

Схема IV. Двухэтапное укоренение. Темновая фаза 7 дней для инициации корнеобразования с использованием агаризованной среды **MS**, дополненной высокими концентрациями ИМК, последующее культивирование на безгормональной среде ¼ **DKW б/г** в течение 42 дней при фотопериоде 16/8 ч.

MS: макро- и микросоли по MS, FeNa-EDTA по MS, витамины по MS, сахароза – 30 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8. Обозначение сред: **MS 3,0** (добавление ИМК в концентрации 3,0 мг/л); **MS 5,0** (5,0 мг/л ИМК).

¼ **DKW б/г:** ¼ макросоли по DKW, микросоли по DKW, FeNa-EDTA по DKW, витамины по DKW, сахароза – 30 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8.

Схема V. Темновая фаза 7 дней для инициации корнеобразования с использованием агаризованной среды **2MS** с добавлением ИМК и НУК в концентрациях 3,0 и 5,0 мг/л, последующее культивирование на безгормональной среде **2MS б/г** в течение 42 дней при фотопериоде 16/8 ч.

2MS: KH_2PO_4 по MS, ½ NH_4NO_3 и ½ KNO_3 по MS, содержание CaCl_2 и $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ по MS увеличено в 2 раза, микросоли по MS, FeNa-EDTA по MS, витамины B_6 , PP – по 1 мг/л, витамин C – 2 мг/л, мезоинозит – 100 мг/л, сахароза – 30 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8. Обозначение сред:

2MS-3И (добавление ИМК в концентрации 3,0 мг/л); **2MS-5И** (5,0 мг/л ИМК); **2MS-3Н** (добавление нафтилуксусной кислоты (НУК) в концентрации 3,0 мг/л); **2MS-5Н** (5,0 мг/л НУК); **2MS 6/г** – безгормональная среда.

Схема VIa. Двухэтапное укоренение. Темновая фаза 7 дней для инициации корнеобразования с использованием агаризованной **среды ¼ Г**, дополненной высокими концентрациями ИМК, последующее культивирование на безгормональной среде того же минерального состава с добавлением вермикулита (**¼ Ув**) и без вермикулита (**¼ У**) в течение 42 дней при фотопериоде 16/8 ч.

¼ Г: ¼ макросоли по MS, ½ микросоли по MS, FeNa-EDTA по MS, витамины по MS, сахароза – 20 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8. Обозначение сред: **¼ Г3** (добавление ИМК в концентрации 3 мг/л); **¼ Г5** (5 мг/л ИМК).

¼ У: ¼ макросоли по MS, ½ микросоли по MS, FeNa-EDTA по MS, витамины по MS, сахароза – 20 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8. Обозначение среды: **¼ Ув** (с добавлением вермикулита).

Схема VIб. Двухэтапное укоренение. Темновая фаза 7 дней для инициации корнеобразования с использованием агаризованной **среды ½ Г**, дополненной высокими концентрациями ИМК, последующее культивирование на безгормональной среде того же минерального состава с добавлением вермикулита (**½ Ув**) и без вермикулита (**½ У**) в течение 42 дней при фотопериоде 16/8 ч.

½ Г: ½ макро- и микросоли по MS, FeNa-EDTA по MS, витамины по MS, сахароза – 20 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8. Обозначение сред: **½ Г3** (добавление ИМК в концентрации 3 мг/л); **½ Г5** (5 мг/л ИМК).

½ У: ½ макро- и микросоли по MS, FeNa-EDTA по MS, витамины по MS, сахароза – 20 г/л, агар – 5,8 г/л, pH 5,8. Обозначение среды: **½ Ув** (с добавлением вермикулита).

Растения-регенеранты на этапе ризогенеза *in vitro* культивировали в банках объемом 450 мл с объемом питательной среды 80 мл без вермикулита и с вермикулитом (питательная среда : вермикулит = 1 : 1,25 (v/v)).

Адаптацию растений-регенерантов проводили в мини-парниках размером 435 × 215 × 130 мм. Субстраты: торф «Двина» : агроперлит = 1 : 1 (стерильный); вермикулит : агроперлит = 1 : 1 (стерильный). Стерильность субстратов достигалась путем их прокалывания в сушильном шкафу при 160 °C в течение 2,5 ч.

На этапе ризогенеза *in vitro* и адаптации *ex vitro* освещение (лампы NARVA LT, 36 W) – 2,5–3,0 тыс. лк, температура – 20–22 °C и фотопериод – 16/8 ч.

Статистическую обработку проводили с помощью *Statistica 10.0*, используя ANOVA, двухфакторный анализ, критерий Дункана при $p < 0,05$ для сравнения средних величин ($n = 3$), критерий Тьюки для неравных n .

Результаты и их обсуждение. На этапе ризогенеза *in vitro* растений-регенерантов сортов груши изучали 6 схем укоренения.

Схема I. В результате проведения двухфакторного дисперсионного анализа установлено влияние с высоким уровнем значимости ($p < 0,0001$) как сортовых особенностей, так и питательной среды и совокупности этих факторов на выход укорененных растений-регенерантов груши при данной схеме укоренения. Анализ средних значений укореняемости микропобегов по фактору А (сорт) без учета питательной среды показал, что сорта Купала и Спакуса при данной схеме укоренения имеют высокую ризогенную активность: 80,2 и 82,5 % соответственно. В группы средней ризогенной активности попали сорта Просто Мария (39,6 %) и Ясачка (42,1 %) и низкой ризогенной активности – Кудесница (15,4 %), Талгарская красавица (11,3 %), Белорусская поздняя (7,4 %) (рис. 1, а). У сортов со средней и высокой ризогенной активностью образование корней наблюдали даже на среде без добавления ИМК: 17 % (Просто Мария), 37 % (Ясачка), 60 % (Спакуса) и 67 % (Купала). У сорта Просто Мария добавление ИМК в концентрации от 0,1 до 1,0 мг/л увеличивало выход укорененных растений в 1,2–4,3 раза. У сорта Ясачка доля укорененных растений увеличилась в 1,1–1,7 раза при использовании ИМК в концентрациях от 0,5 до 1,0 мг/л. У сортов Купала и Спакуса максимальное количество укорененных растений-регенерантов – 97 и 100 % соответственно – получено на средах с добавлением ИМК в концентрации 1,0 мг/л. Однако применение ИМК в концентрации больше 0,2 мг/л вело к образованию мягкого каллуса на корнях и у основания побегов груши в процессе ризогенеза. Концентрация ИМК 0,2 мг/л

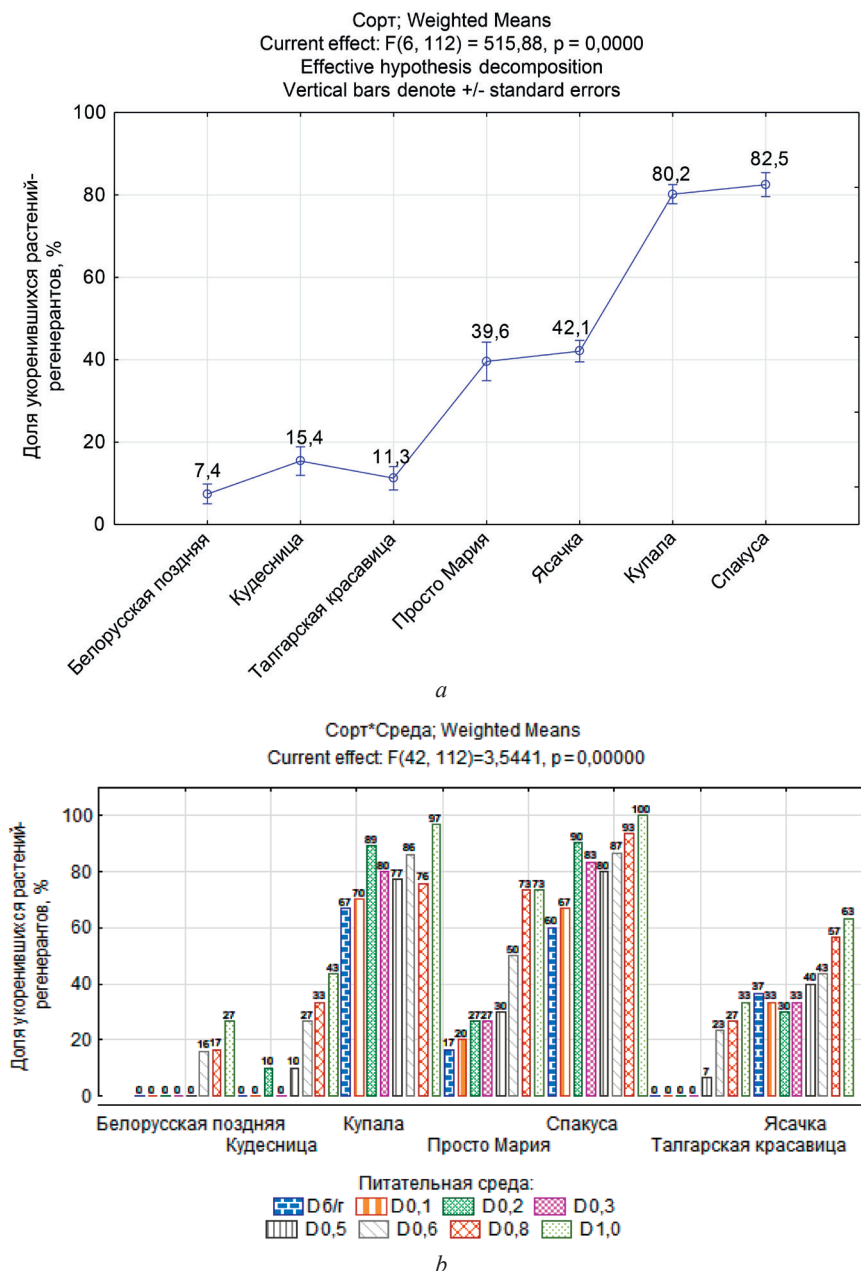
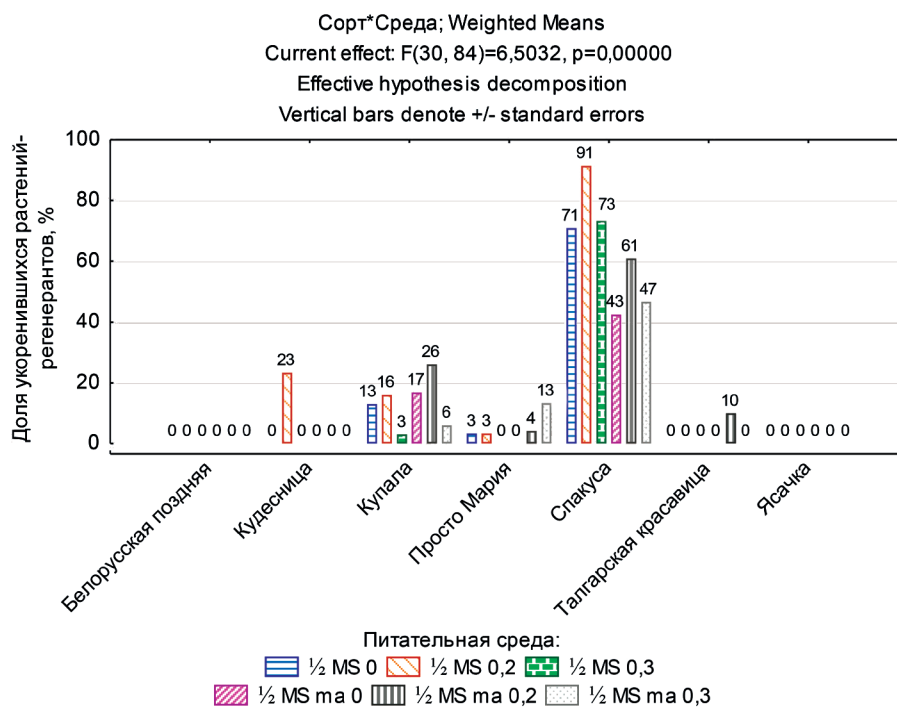


Рис. 1. Укореняемость *in vitro* микропобегов груши на среде D (схема I): *a* – по фактору «сорт» (без учета питательной среды); *b* – по совокупности факторов «сорт» и «питательная среда»

Fig. 1. *In vitro* rooting of pear microshoots on medium D (scheme I): *a* – by cultivar factor without taking into account the nutrient medium; *b* – by the combined effects of the cultivar and nutrient medium factors

обеспечивает выход 89 и 90 % укорененных растений сорта Купала и Спакуса без образования каллуса, поэтому именно концентрации ИМК 0,2 мг/л надо отдавать предпочтение при одно-этапном укоренении сортов Купала и Спакуса (рис. 1, *b*).

Схема II. Статистическая обработка данных показала влияние с высоким уровнем значимости ($p < 0,0001$) сортовых особенностей, питательной среды и совокупности этих факторов на количество укорененных растений-регенерантов груши при данной схеме укоренения. Высокая ризогенная активность отмечена только у сорта Спакуса: максимальное количество укорененных растений-регенерантов (91 %) было на среде $\frac{1}{2}$ MS 0,2. У остальных сортов процесс корнеобразования либо отсутствовал (Белорусская поздняя, Ясачка), либо был минимальным: не превысил 10 % у сорта Талгарская красавица, 13 % у сорта Просто Мария, 23 % у сорта Кудесница и 26 % у сорта Купала (рис. 2).

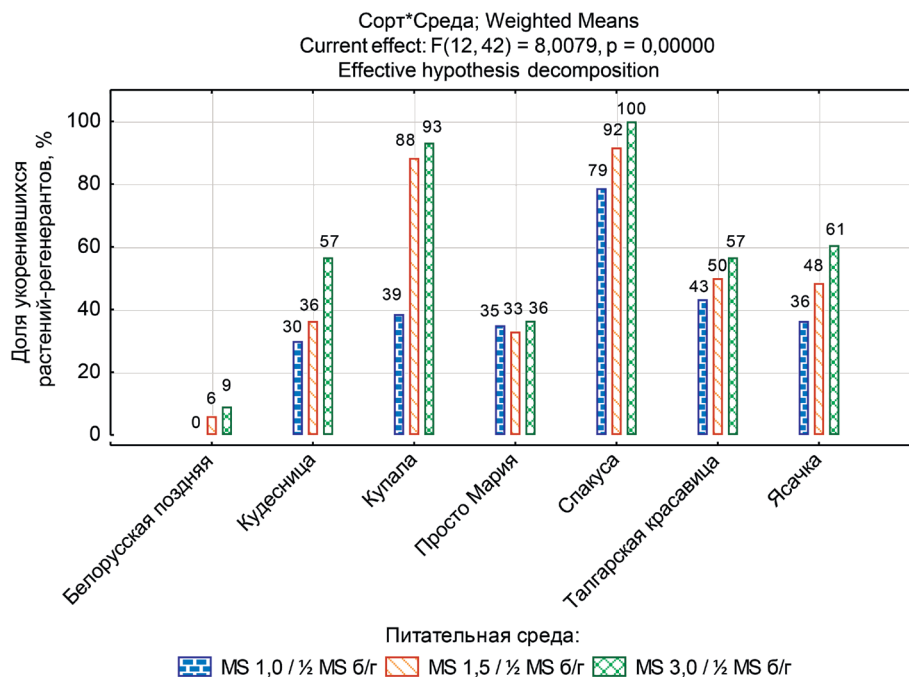
Рис. 2. Результативность ризогенеза *in vitro* микропобегов груши по схеме IIFig. 2. Efficiency of *in vitro* rhizogenesis of pear microshoots according to scheme II

Таким образом, при одноэтапном укоренении сортов груши использование среды DKW (схема I) более эффективно, чем применение среды MS (схема II). Добавление ИМК в концентрации 1,0 мг/л позволяет получить 27 % укорененных растений сорта Белорусская поздняя, 43 % – Кудесница, 73 % – Просто Мария, 33 % – Талгарская красавица и 63 % – Ясачка. Для сортов Купала и Спакуса целесообразно использование ИМК в более низкой концентрации (0,2 мг/л), что обеспечивает высокую долю укорененных растений-регенерантов (89 и 90 % соответственно) без образования мягкого каллуса у основания побегов (см. рис. 1, б). В [19] также отмечается, что увеличение концентрации с 0,2 до 1,0 мг/л НУК при укоренении сорта *P. communis* Passe-Crassane стимулировало каллусогенез и ухудшало качество побегов.

Схема III. Статистическая обработка данных, полученных при этой схеме укоренения, также показала влияние с высоким уровнем значимости ($p < 0,0001$) сортовых особенностей, питательной среды и совокупности этих факторов на количество укорененных растений-регенерантов груши. Максимальный выход укорененных растений у всех сортов получен при добавлении в темновой фазе высокой концентрации ИМК – 3 мг/л. Высокую ризогенную активность при данной схеме укоренения проявили сорта Купала и Спакуса. Доля укорененных растений при концентрации ИМК 3 мг/л составила 93 % у сорта Купала и 100 % у сорта Спакуса. У других сортов ризогенная активность даже при максимальной концентрации ИМК (3,0 мг/л) была значительно ниже: 61 % у сорта Ясачка, 57 % у сортов Кудесница и Талгарская красавица, 36 % у сорта Просто Мария. Сорт Белорусская поздняя проявил самую низкую ризогенную активность (9 %) (рис. 3).

Образование мягкого рыхлого каллуса у основания побегов отмечено при всех концентрациях ИМК у сортов Кудесница, Талгарская красавица и Просто Мария.

Схема IV. При данной схеме укоренения только у сортов Спакуса и Талгарская красавица удалось получить более 50 % укорененных растений, у остальных сортов укореняемость составила 21,4–38,1 % (Белорусская поздняя), 39,5–43,5 % (Кудесница), 43,3–53,2 % (Купала), 6,25–24,1 % (Просто Мария). Самая высокая ризогенная активность была у сорта Спакуса – 70,6 % (без учета питательной среды) (табл. 1). У всех сортов наблюдали образование мягкого рыхлого каллуса у основания побегов, который легко убирается руками при отмывании корней водой от остатков агара.

Рис. 3. Результативность ризогенеза *in vitro* микропобегов груши по схеме IIIFig. 3. Efficiency of *in vitro* rhizogenesis of pear microshoots according to scheme IIIТаблица 1. Результативность укоренения *in vitro* растений-регенерантов сортов груши (схема IV)Table 1. Efficiency of *in vitro* rooting of pear cultivars regenerated plants (scheme IV)

| Сорт (фактор А) | Питательная среда (фактор В) | Доля укоренившихся растений-регенерантов, % |
|---|------------------------------|---|
| <i>Влияние совокупности факторов</i> | | $p < 0,05$ |
| Белорусская поздняя | MS 3,0 / 1/4 DKW 6/г | 21,4 ± 3,6 e |
| | MS 5,0 / 1/4 DKW 6/г | 38,1 ± 4,8 d |
| Кудесница | MS 3,0 / 1/4 DKW 6/г | 39,5 ± 2,6 d |
| | MS 5,0 / 1/4 DKW 6/г | 43,5 ± 3,6 cd |
| Купала | MS 3,0 / 1/4 DKW 6/г | 53,2 ± 8,0 bc |
| | MS 5,0 / 1/4 DKW 6/г | 43,3 ± 2,1 cd |
| Просто Мария | MS 3,0 / 1/4 DKW 6/г | 6,25 ± 3,6 f |
| | MS 5,0 / 1/4 DKW 6/г | 24,1 ± 0,9 e |
| Спакуса | MS 3,0 / 1/4 DKW 6/г | 63,3 ± 3,7 b |
| | MS 5,0 / 1/4 DKW 6/г | 78,0 ± 4,9 a |
| Талгарская красавица | MS 3,0 / 1/4 DKW 6/г | 58,4 ± 5,5 b |
| | MS 5,0 / 1/4 DKW 6/г | 60,7 ± 3,1 b |
| <i>Среднее по фактору А (сорт)</i> | | |
| <i>Влияние фактора «сорт»</i> | | $p < 0,001$ |
| Белорусская поздняя | | 29,8 ± 4,6 D |
| Кудесница | | 41,5 ± 2,2 C |
| Купала | | 48,2 ± 4,3 C |
| Просто Мария | | 15,2 ± 4,3 E |
| Спакуса | | 70,6 ± 4,3 A |
| Талгарская красавица | | 59,5 ± 2,6 B |
| <i>Среднее по фактору В (питательная среда)</i> | | |
| <i>Влияние фактора «питательная среда»</i> | | $p < 0,01$ |
| MS 3,0 / 1/4 DKW 6/г | | 40,3 ± 5,2 G |
| MS 5,0 / 1/4 DKW 6/г | | 47,9 ± 4,3 F |

Примечание. Данные с одинаковыми буквами статистически не различаются при $p < 0,05$ (критерий Дункана).
 Note. Data points marked with the same letters are not statistically different at $p < 0.05$ (Duncan criterion).

Схема V. Максимальное количество укорененных растений-регенерантов сортов Белорусская поздняя (60,6 %), Кудесница (62,2 %) и Ясачка (73,8 %) было на среде 2MS-3И / 2MS б/г. Для растений сорта Купала достоверных различий по количеству укорененных растений на средах, содержащих 3,0 и 5,0 мг/л ИМК, не было (доля укорененных растений-регенерантов – 62,7 и 65,5 % на средах 2MS-3И / 2MS б/г и 2MS-5И / 2MS б/г соответственно). Достоверных различий по числу укорененных растений на средах с различной концентрацией ИМК не было и у сорта Спакуса: доля укорененных растений-регенерантов составила 100,0 и 96,7 % на средах 2MS-3И / 2MS б/г и 2MS-5И / 2MS б/г соответственно. У сорта Просто Мария достоверных различий не было между всеми вариантами питательных сред (28,3–35,7 %). Использование НУК дало хороший выход укорененных растений только у сортов Купала (63,4 % на среде 2MS-5И / 2MS б/г), Спакуса (100 % на среде 2MS-3И / 2MS б/г) и Талгарская красавица (33,3 % на среде 2MS-3И / 2MS б/г), однако качество укорененных побегов на средах с ИМК лучше, чем при добавлении НУК. Например, среднее количество корней на растение на среде с ИМК в концентрации 3 мг/л у сортов Купала и Спакуса в 1,5–1,7 раза выше, чем на среде с НУК в той же концентрации. У сорта Талгарская красавица применение ИМК также стимулировало закладку корней лучше, чем НУК (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Результативность укоренения *in vitro* растений-регенерантов сортов груши (схема V)Table 2. Efficiency of *in vitro* rooting of pear cultivars regenerated plants (scheme V)

| Сорт (фактор А) | Питательная среда (фактор В) | Доля укоренившихся растений-регенерантов, %* | Среднее количество корней, шт.** |
|--------------------------------------|------------------------------|--|----------------------------------|
| <i>Влияние совокупности факторов</i> | | $p < 0,0001$ | $p < 0,0001$ |
| Белорусская поздняя | 2MS-5И / 2MS б/г | 34,4 ± 2,9 j | 3,9 ± 0,5 efg |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 60,6 ± 1,6 de | 3,2 ± 0,4 fg |
| | 2MS-5И / 2MS б/г | 20,7 ± 0,7 lm | 1,5*** |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 17,4 ± 3,8 mn | 4,2*** |
| Кудесница | 2MS-5И / 2MS б/г | 47,2 ± 2,8 fgh | 3,0 ± 0,5 fg |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 62,2 ± 2,2 d | 2,0 ± 0,3 g |
| | 2MS-5И / 2MS б/г | 38,8 ± 1,2 hij | 3,4 ± 0,3 efg |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 45,3 ± 2,4 ghi | 2,5 ± 0,2 g |
| Купала | 2MS-5И / 2MS б/г | 65,5 ± 3,0 cd | 3,5 ± 0,3 efg |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 62,7 ± 2,0 d | 4,7 ± 0,2 def |
| | 2MS-5И / 2MS б/г | 63,4 ± 1,9 d | 2,6 ± 0,3 g |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 51,3 ± 1,3 efg | 3,1 ± 0,3 fg |
| Просто Мария | 2MS-5И / 2MS б/г | 35,7 ± 1,3 ij | 2,2 ± 0,1 g |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 31,5 ± 4,2 jk | 2,7 ± 0,03 fg |
| | 2MS-5И / 2MS б/г | 34,4 ± 3,4 j | 2,0 ± 0,1 g |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 28,3 ± 1,5 ijk | 2,6 ± 0,03 g |
| Спакуса | 2MS-5И / 2MS б/г | 96,7 ± 3,3 a | 13,1 ± 0,4 a |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 100 ± 0 a | 11,0 ± 1,1 b |
| | 2MS-5И / 2MS б/г | 78,8 ± 3,7 b | 6,8 ± 0,1 c |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 100 ± 0 a | 6,5 ± 0,4 cd |
| Талгарская красавица | 2MS-5И / 2MS б/г | 22,5 ± 4,5 klm | 5,3 ± 0,3 cde |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 8,9 ± 4,9 n | 5,0*** |
| | 2MS-5И / 2MS б/г | 19,1 ± 4,8 lm | 2,8*** |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 33,3 ± 6,7 j | 1,6*** |
| Ясачка | 2MS-5И / 2MS б/г | 56,7 ± 5,8 def | 2,9 ± 0,2 fg |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 73,8 ± 5,1 bc | 2,0 ± 0,1 g |
| | 2MS-5И / 2MS б/г | 22,2 ± 4,0 klm | 3,5 ± 0,4 efg |
| | 2MS-3И / 2MS б/г | 32,2 ± 2,9 jk | 2,7 ± 0,1 fg |
| <i>Среднее по фактору А (сорт)</i> | | | |
| <i>Влияние фактора «сорт»</i> | | $p < 0,0001$ | $p < 0,0001$ |
| Белорусская поздняя | | 33,3 ± 5,2 D | 3,6 ± 0,3 C |
| Кудесница | | 48,4 ± 2,8 C | 2,7 ± 0,2 CD |
| Купала | | 60,7 ± 1,9 B | 3,5 ± 0,3 C |

Окончание табл. 2

| Сорт (фактор А) | Питательная среда (фактор В) | Доля укоренившихся растений-регенерантов, %* | Среднее количество корней, шт.** |
|---|------------------------------|--|----------------------------------|
| Просто Мария | | 32,5 ± 1,5 D | 2,4 ± 0,1 D |
| Спакуса | | 93,9 ± 2,9 А | 9,3 ± 0,9 А |
| Талгарская красавица | | 21,0 ± 3,5 E | 5,3 ± 0,3 B |
| Ясачка | | 46,2 ± 6,4 C | 2,8 ± 0,2 CD |
| <i>Среднее по фактору В (питательная среда)</i> | | | |
| <i>Влияние фактора «питательная среда»</i> | | <i>p < 0,0001</i> | – |
| 2MS-5И/2MS бг | | 51,3 ± 5,2 G | 4,8 ± 0,8 E |
| 2MS-3И/2MS бг | | 57,1 ± 6,2 F | 4,3 ± 0,8 EF |
| 2MS-5Н/2MS бг | | 39,6 ± 4,9 I | 3,7 ± 0,5 FG |
| 2MS-3Н/2MS бг | | 44,0 ± 5,7 H | 3,5 ± 0,4 G |

Примечания: * – данные с одинаковыми буквами по столбцам статистически не различаются при $p < 0,05$ (критерий Дункана); ** – данные с одинаковыми буквами по столбцам статистически не различаются при $p < 0,05$ (критерий Тьюки для неравных n); *** – недостаточная выборка для статистической обработки.

Note: * – data with the same letters in columns are not statistically different at $p < 0.05$ (Duncan criterion); ** – data with the same letters in columns are not statistically different at $p < 0.05$ (Tukey's test for unequal n); *** – insufficient sample for statistical processing.

Следует отметить, что из семи сортов только у двух (Белорусская поздняя и Спакуса) в процессе ризогенеза отсутствовало образование мягкого рыхлого каллуса (рис. 4, а), у сорта Купала образование каллуса было минимальным, а вот у сорта Кудесница у основания стебля образовывался мягкий каллус большого размера (рис. 4, б).

Таким образом, данная схема укоренения показала, что в качестве стимулятора корнеобразования лучше применять ИМК, а не НУК. Анализ средних значений укореняемости микропобегов груши по фактору В (питательная среда) без учета сорта показал достоверную разницу по количеству укорененных растений-регенерантов на питательных средах с добавлением ИМК в темновой фазе укоренения (51,3 и 57,1 % на средах 2MS-5И / 2MS б/г и 2MS-3И / 2MS б/г соответственно), по сравнению со средами с добавлением НУК (39,6 и 44,0 % на средах 2MS-5Н / 2MS б/г и 2MS-3Н / 2MS б/г соответственно). Укореняемость растений-регенерантов груши сильно варьировала по сортам. Анализ данных без учета питательной среды показал, что максимальную ризогенную активность при данной схеме укоренения проявили сорта Спакуса (укореняемость в среднем составила 93,9 %) и Купала (в среднем 60,7 %). Низкая ризогенная активность отмечена у сорта Талгарская красавица (в среднем 21,0 %) (табл. 2).

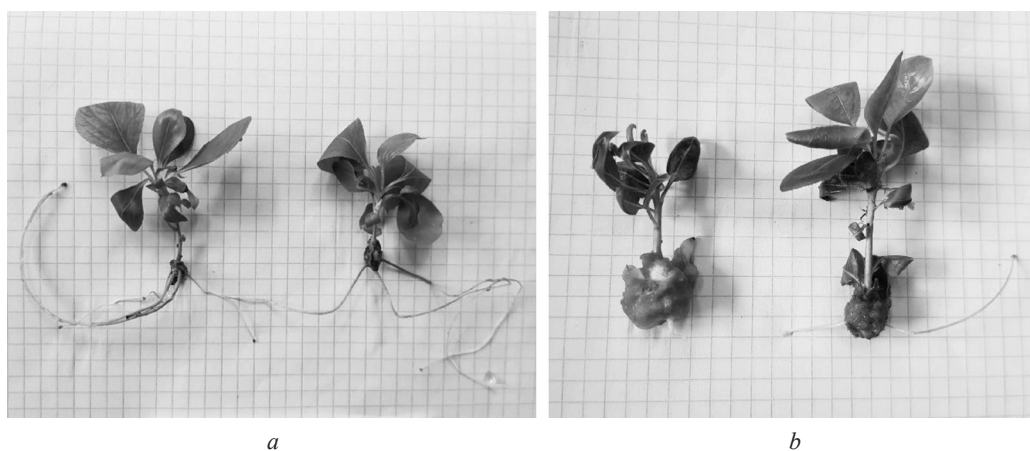


Рис. 4. Ризогенез растений-регенерантов сортов груши на средах 2MS-5И / 2MS б/г (слева) и 2MS-3И / 2MS б/г (справа): а – Белорусская поздняя; б – Кудесница

Fig. 4. Rhizogenesis of pear cultivars regenerated plants on media 2MS-5И / 2MS hormone-free (left) and 2MS-3И / 2MS hormone-free (right): а – Belorusskaya Pozdnyaya; б – Kudesnitsa

Схемы VIa и VIб. При данных схемах укоренения максимальное количество укорененных растений-регенерантов сорта Белорусская поздняя получено на средах $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ У (76,7 %), $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ У (71,1 %), $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ У (83,3 %). У сорта Кудесница достоверных различий по выходу укорененных растений-регенерантов не было на средах $\frac{1}{2}$ Г3 – $\frac{1}{2}$ У (70,0 %), $\frac{1}{2}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ У (66,7 %), $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ У (80,9 %), $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ У (73,3 %). Таким образом, для сортов Белорусская поздняя и Кудесница культивирование растений-регенерантов после 7-дневной темновой фазы инициации корней эффективнее проводить на безгормональной агаризованной среде без добавления вермикулита. На средах с добавлением вермикулита эффективность ризогенеза этих двух сортов была ниже в 1,4–2,0 раза (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Результиивность укоренения *in vitro* растений-регенерантов сортов груши (схема VI)
T a b l e 3. Efficiency of *in vitro* rooting of pear cultivars regenerated plants (scheme VI)

| Сорт | Питательная среда | Доля укоренившихся растений-регенерантов, % |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| <i>Влияние совокупности факторов</i> | | $p < 0,0001$ |
| Белорусская поздняя | $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ У | 83,3 ± 0 abcd |
| | $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ УВ | 41,1 ± 4,8 nopqr |
| | $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ У | 71,1 ± 4,4 cdefgh |
| | $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ УВ | 45,5 ± 4,5 jklmnopq |
| | $\frac{1}{2}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ У | 76,7 ± 5,1 abcdef |
| | $\frac{1}{2}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ УВ | 56,3 ± 1,8 ghijklmn |
| | $\frac{1}{2}$ Г3 – $\frac{1}{2}$ У | 50,0 ± 5,8 jklmnop |
| | $\frac{1}{2}$ Г3 – $\frac{1}{2}$ УВ | 43,9 ± 4,0 jklmnopq |
| Кудесница | $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ У | 73,3 ± 3,3 bcdefg |
| | $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ УВ | 36,7 ± 3,3 opqr |
| | $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ У | 80,9 ± 5,0 abcde |
| | $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ УВ | 43,3 ± 6,7 klmnopqr |
| | $\frac{1}{2}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ У | 66,7 ± 6,7 defghi |
| | $\frac{1}{2}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ УВ | 46,7 ± 3,3 jklmnopq |
| | $\frac{1}{2}$ Г3 – $\frac{1}{2}$ У | 70,0 ± 0 cdefgh |
| | $\frac{1}{2}$ Г3 – $\frac{1}{2}$ УВ | 42,1 ± 4,1 mnopqr |
| Купала | $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ У | 67,0 ± 4,0 defghi |
| | $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ УВ | 41,8 ± 2,7 mnopqr |
| | $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ У | 63,3 ± 3,3 efghij |
| | $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ УВ | 50,0 ± 5,8 jklmnop |
| | $\frac{1}{2}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ У | 76,6 ± 8,8 abcdef |
| | $\frac{1}{2}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ УВ | 70,9 ± 0,9 cdefgh |
| | $\frac{1}{2}$ Г3 – $\frac{1}{2}$ У | 86,9 ± 2,6 abc |
| | $\frac{1}{2}$ Г3 – $\frac{1}{2}$ УВ | 86,7 ± 6,7 abc |
| Просто Мария | $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ У | 26,7 ± 6,7 rs |
| | $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ УВ | 39,9 ± 5,1 nopqr |
| | $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ У | 40,0 ± 0 nopqr |
| | $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ УВ | 53,3 ± 3,3 hijklmno |
| | $\frac{1}{2}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ У | 40,0 ± 11,5 nopqr |
| | $\frac{1}{2}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ УВ | 60,7 ± 7,7 fghijkl |
| | $\frac{1}{2}$ Г3 – $\frac{1}{2}$ У | 44,4 ± 5,6 klmnopqr |
| | $\frac{1}{2}$ Г3 – $\frac{1}{2}$ УВ | 56,0 ± 4,0 ghijklmn |
| Спакуса | $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ У | 55,6 ± 5,6 ghijklmn |
| | $\frac{1}{4}$ Г5 – $\frac{1}{4}$ УВ | 87,2 ± 8,9 abc |
| | $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ У | 60,3 ± 3,2 fghijklm |
| | $\frac{1}{4}$ Г3 – $\frac{1}{4}$ УВ | 93,3 ± 3,3 a |
| | $\frac{1}{2}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ У | 90,5 ± 4,8 ab |
| | $\frac{1}{2}$ Г5 – $\frac{1}{2}$ УВ | 87,3 ± 6,4 abc |
| | $\frac{1}{2}$ Г3 – $\frac{1}{2}$ У | 86,7 ± 6,7 abc |
| | $\frac{1}{2}$ Г3 – $\frac{1}{2}$ УВ | 93,9 ± 6,1 a |

Окончание табл. 3

| Сорт | Питательная среда | Доля укоренившихся растений-регенерантов, % |
|---|-------------------|---|
| Талгарская красавица | ¼ Г5 – ¼ У | 39,7 ± 3,2 nopqr |
| | ¼ Г5 – ¼ УВ | 42,1 ± 4,1 lmnopqr |
| | ¼ Г3 – ¼ У | 50,0 ± 0 ijklmnop |
| | ¼ Г3 – ¼ УВ | 36,7 ± 3,3 opqr |
| | ½ Г5 – ½ У | 33,3 ± 6,7 pqr |
| | ½ Г5 – ½ УВ | 40,0 ± 0 nopqr |
| | ½ Г3 – ½ У | 16,7 ± 8,3 s |
| Ясачка | ¼ Г5 – ¼ У | 63,3 ± 8,8 efg hij |
| | ¼ Г5 – ¼ УВ | 61,9 ± 4,8 fghijk |
| | ¼ Г3 – ¼ У | 76,7 ± 8,8 abcdef |
| | ¼ Г3 – ¼ УВ | 73,0 ± 8,5 bcdefg |
| | ½ Г5 – ½ У | 72,2 ± 4,0 bcdefg |
| | ½ Г5 – ½ УВ | 73,3 ± 6,7 bcdefg |
| | ½ Г3 – ½ У | 60,0 ± 5,8 fghijklm |
| | ½ Г3 – ½ УВ | 82,6 ± 3,7 abcd |
| <i>Среднее по фактору А (сорт)</i> | | |
| <i>Влияние фактора «сорт»</i> | | <i>p < 0,0001</i> |
| Белорусская поздняя | | 58,5 ± 3,4 С |
| Кудесница | | 57,5 ± 3,6 С |
| Купала | | 67,9 ± 3,5 В |
| Просто Мария | | 45,1 ± 2,8 D |
| Спакуса | | 81,8 ± 3,4 А |
| Талгарская красавица | | 36,1 ± 2,4 E |
| Ясачка | | 70,4 ± 2,5 В |
| <i>Среднее по фактору В (питательная среда)</i> | | |
| <i>Влияние фактора «питательная среда»</i> | | <i>p < 0,0001</i> |
| | ¼ Г5 – ¼ У | 58,4 ± 4,4 GH |
| | ¼ Г5 – ¼ УВ | 50,1 ± 4,1 I |
| | ¼ Г3 – ¼ У | 63,2 ± 3,3 FG |
| | ¼ Г3 – ¼ УВ | 56,4 ± 4,5 H |
| | ½ Г5 – ½ У | 65,1 ± 4,9 F |
| | ½ Г5 – ½ УВ | 62,2 ± 3,7 FGH |
| | ½ Г3 – ½ У | 59,2 ± 5,5 FGH |
| | ½ Г3 – ½ УВ | 62,2 ± 5,5 FGH |

Примечания. Данные с одинаковыми буквами статистически не различаются при $p < 0,05$ (критерий Дункана).

Notes. Data with the same letters are not statistically different at $p < 0.05$ (Duncan criterion).

Сорта Спакуса и Купала проявили хорошую ризогенную активность (86,7–93,9 % и 76,6–86,9 % соответственно) на питательных средах с половинным содержанием макро- и микросолей по MS с двумя концентрациями ИМК (3,0 и 5,0 мг/л) в темновой фазе с последующим культивированием на безгормональной среде с половинным содержанием макро- и микросолей по MS без вермикулита или с вермикулитом. У сорта Просто Мария максимальное количество укорененных растений-регенерантов было получено на средах ½ Г3 – ½ УВ (56,0 %) и ½ Г5 – ½ УВ (60,7 %), у сорта Ясачка – на среде ½ Г3 – ½ УВ (82,6 %). Следует отметить, что у сорта Ясачка ризогенная активность на всех остальных вариантах сред была тоже высокая: не ниже 60,0 %. У сорта Талгарская красавица максимальное количество укорененных растений-регенерантов было получено на среде ¼ Г3 – ¼ У (50 %), все остальные варианты сред были менее эффективны для ризогенеза: 16,7–42,1 % (табл. 3). У всех сортов на каждом варианте питательных сред в процессе ризогенеза образовывался мягкий каллус.

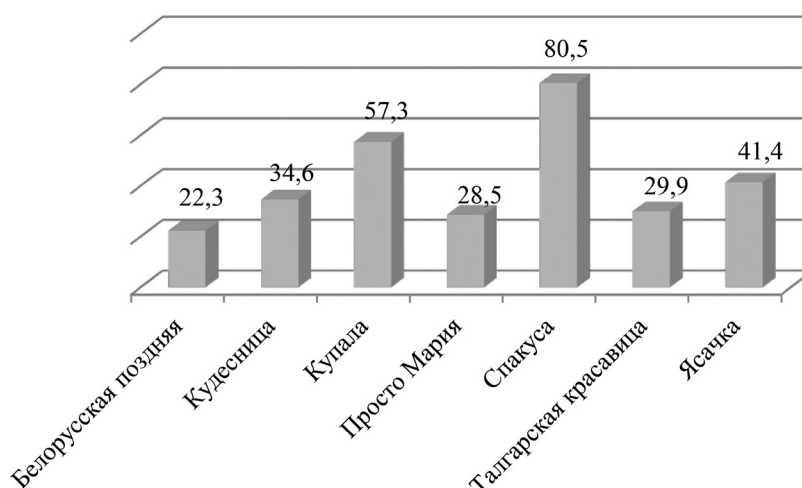


Рис. 5. Процент укоренившихся растений-регенерантов сортов груши (среднее значение по сорту по схемам укоренения I–VI без учета питательной среды)

Fig. 5. The percentage of rooted regenerated plants of pear cultivars (average value per cultivar according to rooting schemes I–VI, excluding the nutrient medium)

Анализ средних значений укореняемости микропобегов груши по фактору В (питательная среда) без учета сорта показал отсутствие достоверной разницы по количеству укорененных растений-регенерантов на питательных средах с $\frac{1}{2}$ макро- и микросолей по MS с двумя концентрациями ИМК (3,0 и 5,0 мг/л) в темновой фазе с последующим культивированием на безгормональной среде с $\frac{1}{2}$ макро- и микросолей по MS без вермикулита или с вермикулитом. Только на средах с $\frac{1}{4}$ макро- и $\frac{1}{2}$ микросолей по MS с двумя концентрациями ИМК (3,0 и 5,0 мг/л) в темновой фазе и последующее культивирование на безгормональной среде с $\frac{1}{4}$ макро- и $\frac{1}{2}$ микросолей по MS без вермикулита было достоверно эффективнее, чем с вермикулитом. Высокую ризогенную активность при схеме укоренения VI проявили сорта Спакуса – 81,8 %, Ясачка – 70,4 %, Купала – 67,9 % (без учета питательной среды), низкая ризогенная активность отмечена у сорта Талгарская красавица – 36,1 % (без учета питательной среды) (табл. 3).

Таким образом, эффективность укоренения в культуре *in vitro* растений-регенерантов сортов груши зависит от сортовых особенностей, питательной среды для укоренения, наличия темновой фазы инициации корней. Все изученные сорта груши отличаются по своей ризогенной активности: высокая – Спакуса, Купала; средняя – Ясачка, Кудесница, Талгарская красавица, Просто Мария; низкая – Белорусская поздняя (рис. 5).

Адаптация укорененных *in vitro* растений-регенерантов в условиях *ex vitro*. Лучший результат по адаптации в условиях *ex vitro* растений-регенерантов сортов Белорусская поздняя (82,8 %), Просто Мария (90,7 %), Талгарская красавица (83,8 %) и Ясачка (79,8 %) получен на стерильном субстрате торф : агроперлит в соотношении 1 : 1. У сортов Кудесница, Купала и Спакуса достоверных различий по количеству адаптированных растений на двух типах субстрата не было (табл. 4).

Таблица 4. Результативность адаптации растений-регенерантов сортов груши в условиях *ex vitro* при использовании двух типов субстрата

Table 4. Efficiency of adaptation of pear cultivars regenerated plants under *ex vitro* conditions using two types of substrate

| Сорт (фактор А) | Субстрат (фактор В) | Доля адаптированных растений-регенерантов, % |
|--------------------------------------|-------------------------|--|
| <i>Влияние совокупности факторов</i> | | $p < 0,0001$ |
| Белорусская поздняя | Торф : агроперлит | $82,8 \pm 0,5 \text{ abc}$ |
| | Вермикулит : агроперлит | $60,3 \pm 6,6 \text{ e}$ |
| Кудесница | Торф : агроперлит | $87,1 \pm 2,7 \text{ abc}$ |
| | Вермикулит : агроперлит | $89,7 \pm 5,2 \text{ abc}$ |

Окончание табл. 4

| Сорт (фактор А) | Субстрат (фактор В) | Доля адаптированных растений-регенерантов, % |
|--|-------------------------|--|
| Купала | Торф : агроперлит | 79,2 ± 6,6 cd |
| | Вермикулит : агроперлит | 86,0 ± 0,5 abc |
| Просто Мария | Торф : агроперлит | 90,7 ± 4,9 abc |
| | Вермикулит : агроперлит | 45,9 ± 2,4 f |
| Спакуса | Торф : агроперлит | 98,1 ± 1,9 a |
| | Вермикулит : агроперлит | 94,8 ± 2,9 ab |
| Талгарская красавица | Торф : агроперлит | 83,8 ± 8,5 abc |
| | Вермикулит : агроперлит | 67,8 ± 1,1 de |
| Ясачка | Торф : агроперлит | 79,8 ± 7,7 bcd |
| | Вермикулит : агроперлит | 55,0 ± 1,7 ef |
| <i>Среднее по фактору А (сорт)</i> | | |
| <i>Влияние фактора «сорт»</i> | | <i>p < 0,0001</i> |
| Белорусская поздняя | | 71,6 ± 5,8 D |
| Кудесница | | 88,4 ± 2,7 AB |
| Купала | | 82,6 ± 3,3 BC |
| Просто Мария | | 68,3 ± 10,3 D |
| Спакуса | | 96,5 ± 1,7 A |
| Талгарская красавица | | 75,8 ± 5,2 CD |
| Ясачка | | 67,4 ± 6,6 D |
| <i>Среднее по фактору В (субстрат)</i> | | |
| <i>Влияние фактора «субстрат»</i> | | <i>p < 0,0001</i> |
| Торф : агроперлит | | 85,9 ± 2,2 E |
| Вермикулит : агроперлит | | 71,4 ± 4,1 F |

Примечания. Данные с одинаковыми буквами статистически не различаются при $p < 0,05$ (критерий Дункана).

Note s. Data with the same letters are not statistically different at $p < 0.05$ (Duncan criterion).

Таблица 5. Результативность адаптации *ex vitro* растений-регенерантов сортов груши (стерильный субстрат – торф : агроперлит (1 : 1))

Table 5. Efficiency of *ex vitro* adaptation of pear cultivars regenerated plants (sterile substrate – peat : agropelite (1 : 1))

| Сорт | Доля адаптированных растений-регенерантов, % |
|----------------------|--|
| Белорусская поздняя | 100 a |
| Кудесница | 100 a |
| Купала | 100 a |
| Просто Мария | 100 a |
| Спакуса | 100 a |
| Ясачка | 100 a |
| Талгарская красавица | 92,9 ± 4,13 b |

Примечания. Данные с одинаковыми буквами статистически не различаются при $p < 0,05$ (критерий Дункана).

Note s. Data with the same letters are not statistically different at $p < 0.05$ (Duncan criterion).

В дальнейшей работе при адаптации *ex vitro* сортов груши использовался стерильный субстрат торф : агроперлит в соотношении 1 : 1. Статистическая обработка данных показала отсутствие влияния сортовых особенностей на адаптацию растений груши. Доля адаптированных растений составила 100 %, за исключением сорта Талгарская красавица – 92,9 % (табл. 5).

Адаптация в условиях *ex vitro* растений-регенерантов, которые не укоренились *in vitro*. Увеличить выход адаптированных растений сортов груши можно за счет посадки в субстрат не только укорененных растений-регенерантов, но и растений, которые не дали корней при культивировании на среде, содержащей ИМК. У сортов, которые проявили высокую ризогенную

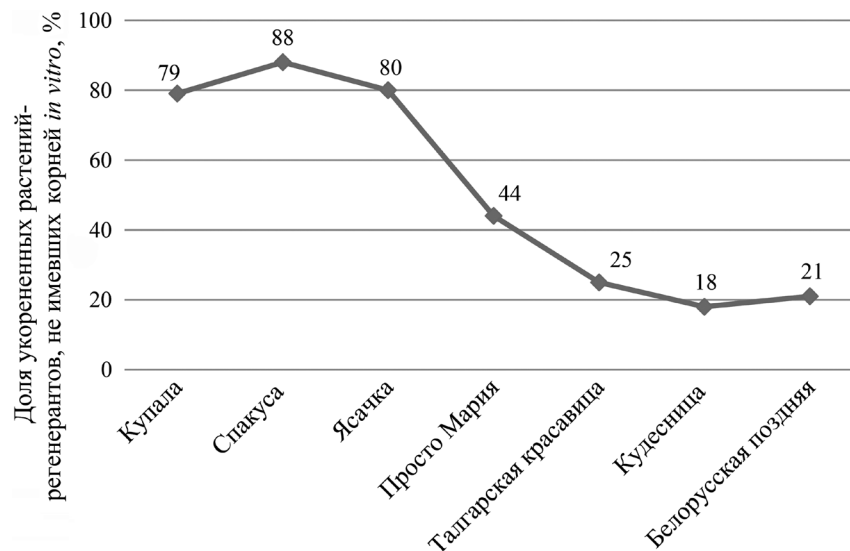


Рис. 6. Доля укорененных растений-регенерантов сортов груши, не имевших корни после этапа ризогенеза *in vitro*

Fig. 6. The percentage of rooted regenerated plants of pear cultivars that did not have roots after the *in vitro* rhizogenesis stage

активность в большинстве схем укоренения *in vitro* (Спакуса, Купала, Ясачка), 79,0–88,0 % неукорененных побегов давали корни при посадке в стерильный субстрат торф : агроперлит (1 : 1). У сорта Просто Мария данный показатель составил 44,0 %, а у других сортов не превысил 25,0 % (рис. 6).

Выводы. Эффективность укоренения в культуре *in vitro* растений-регенерантов сортов груши зависит от сортовых особенностей, питательной среды для укоренения, наличия темновой фазы инициации корней. Установлена возможность ризогенеза *in vitro* сортов груши при использовании одно- и двухэтапных (темновая фаза для инициации корней – 7 дней) схем укоренения. При одноэтапном укоренении сортов груши Белорусская поздняя, Кудесница, Купала, Просто Мария, Спакуса, Талгарская красавица, Ясачка применение среды DKW более эффективно, чем среды MS, при двухэтапном укоренении – MS. Лучшие результаты ризогенеза установлены при добавлении сахарозы в концентрации 2 %. В качестве стимулятора корнеобразования целесообразно добавлять ИМК: при одноэтапном укоренении – 0,2–1,0 мг/л, при двухэтапном – 3,0–5,0 мг/л в темновой фазе инициации корней.

Высокая ризогенная активность выявлена у сортов Спакуса, Купала, средняя – у Ясачки, Кудесницы, Талгарской красавицы, Просто Марии, низкая – у Белорусской поздней.

Одноэтапная схема укоренения с использованием агаризованной среды DKW с уменьшенной концентрацией макроэлементов ($\frac{1}{4}$), микроэлементов ($\frac{1}{2}$), железа (60 мг/л Ferric-EDDHA) и сахарозы (2 %), дополненная ИМК в концентрации 1,0 мг/л, позволяет получить 27 % укорененных растений сорта Белорусская поздняя, 43 % – Кудесница, 73 % – Просто Мария, 33 % – Талгарская красавица и 63 % – Ясачка. Для сортов Купала и Спакуса целесообразно применять ИМК в более низкой концентрации (0,2 мг/л), что обеспечивает высокую долю укорененных растений-регенерантов (89 и 90 % соответственно) без образования мягкого каллуса у основания побегов.

Из двухэтапных схем укоренения высокий процент укорененных растений-регенерантов у всех сортов (Белорусская поздняя – 83,3, Кудесница – 80,9, Купала – 86,9, Просто Мария – 60,7, Спакуса – 93,9, Талгарская красавица – 50,0, Ясачка – 82,6) получен при использовании VI схемы укоренения с применением на I этапе (темновая фаза для инициации корней – 7 дней) агаризованной среды MS с уменьшенной концентрацией макроэлементов ($\frac{1}{2}$ или $\frac{1}{4}$), микроэлементов ($\frac{1}{2}$) и сахарозы (2 %), дополненной ИМК (3 или 5 мг/л), и последующее культивирование (6 недель) на безгормональной среде того же минерального состава, что и в темновую фазу, с добавлением вермикулита или без вермикулита для развития корней. Использование вермикулита на стадии развития корней нецелесообразно только для двух сортов – Белорусская поздняя и Кудесница:

эффективность ризогенеза этих двух сортов на средах с добавлением вермикулита была ниже в 1,4–2,0 раза, чем без вермикулита. У всех сортов при данной схеме укоренения формировался мягкий каллус, который легко убирался руками.

Эффективность адаптации *ex vitro* растений-регенерантов груши составила 92,9–100,0 % при применении стерильного субстрата торф : агроперлит (1 : 1). Увеличить количество адаптированных растений сортов груши можно за счет посадки в субстрат не только укорененных растений-регенерантов, но и растений, которые не дали корней при культивировании на среде, содержащей ИМК. У сортов Спакуса, Купала, Ясачка 79,0–88,0 % неукорененных побегов давали корни при посадке в стерильный субстрат торф : агроперлит (1 : 1). У сортов Талгарская красавица, Кудесница и Белорусская поздняя данный показатель колебался от 18,0 до 25,0 %, у сорта Просто Мария – 44,0 %.

Список использованных источников

1. Bhojwani, S. S. In vitro propagation of *Pyrus pyrifolia* / S. S. Bhojwani, K. Mullins, D. Cohen // *Scientia Horticulturae*. – 1984. – Vol. 23, № 3. – P. 247–254. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(84\)90068-2](https://doi.org/10.1016/0304-4238(84)90068-2)
2. Singha, S. In vitro propagation of Seckel pear / S. Singha // *Nursery production of fruit plants through tissue culture: application and feasibility: proc. of the conf., Beltsville, 21–22 Apr. 1980 / U. S. Department of Agriculture, Science a. Education Administration*. – Beltsville, 1980. – P. 59–63.
3. Shen, X.-S. Propagation in vitro of pear, *Pyrus communis* L., cultivars ‘William’s Bon Chrétien’, ‘Packham’s Triumph’ and ‘Beurré Bosc’ / X.-S. Shen, M. G. Mullins // *Scientia Horticulturae*. – 1984. – Vol. 23, № 1. – P. 51–57. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(84\)90044-X](https://doi.org/10.1016/0304-4238(84)90044-X)
4. Sedlak, J. Influence of growth regulators on in vitro propagation of *Pyrus communis* cv. Koporecka / J. Sedlak, F. Paprstein // *Acta Horticulturae*. – 2003. – № 616. – P. 379–382. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.616.57>
5. Optimization of in vitro propagation of pear (*Pyrus communis* L.) ‘Pyrodwarf®(S)’ rootstock / B. Kaviani, A. Barandan, A. Tymoszuk, D. Kulus // *Agronomy*. – 2023. – Vol. 13, № 1. – Art. 268. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010268>
6. In vitro propagation of *Pyrus* shoot tips / T. Hirabayashi, T. Moriguchi, I. Kozaki [et al.] // *Bulletin of the Fruit Tree Research Station. Series A*. – 1987. – № 14. – P. 9–16.
7. In vitro propagation and recovery of eight apple and two pear cultivars held in a germplasm bank / A. Lizárraga, M. Fraga, J. Ascásibar, M. L. González // *American Journal of Plant Sciences*. – 2017. – Vol. 8, № 9. – P. 2238–2254. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.89150>
8. Lane, W. D. Regeneration of pear plants from shoot meristem tips / W. D. Lane // *Plant Science Letters*. – 1979. – Vol. 16, № 2–3. – P. 337–342. [https://doi.org/10.1016/0304-4211\(79\)90046-4](https://doi.org/10.1016/0304-4211(79)90046-4)
9. In vitro propagation of pear cultivars / C. Moretti, A. Scozzoli, D. Pasini, F. Paganelli // *Acta Horticulturae*. – 1991. – № 300. – P. 115–118. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.300.12>
10. Rossi, V. Propagation of *Pyrus calleryana* sel. D6 by in vitro culture / V. Rossi, G. De Paoli, P. Dal Pozzo // *Acta Horticulturae*. – 1992. – № 300. – P. 145–148. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1992.300.19>
11. Micropropagation of three *Pyrus* rootstocks / R. Bahri-Sahloul, S. Ammar, A. Msallem, R. Mtar // *Advances in Horticultural Science*. – 2005. – Vol. 19, № 1. – P. 21–28.
12. Hlaing, N. Z. Study of *in vitro* root induction and hardening responses of four *Pyrus spp.* / N. Z. Hlaing, F. Ming, J. Shuling // *Journal of Scientific and Innovative Research*. – 2019. – Vol. 8, № 3. – P. 87–90. <https://doi.org/10.31254/jsir.2019.8304>
13. In vitro growth responses of the ‘Pyrodwarf’ pear rootstock to cytokinin types / D. Ružić, T. Vujović, D. Nikolić, R. Cerović // *Romanian Biotechnological Letters*. – 2011. – Vol. 16, № 5. – P. 6630–6637.
14. Berardi, G. Micropropagation of *Pyrus calleryana* Dcn. from seedlings / G. Berardi, I. Rodrigo, N. Davide // *Scientia Horticulturae*. – 1993. – Vol. 53, № 1–2. – P. 157–165. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(93\)90146-H](https://doi.org/10.1016/0304-4238(93)90146-H)
15. Baviera, J. A. Commercial in vitro micropropagation of pear cv. Conference / J. A. Baviera, J. L. García, M. Ibarra // *Acta Horticulturae*. – 1989. – № 256. – P. 63–68. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1989.256.5>
16. Micropropagation and field evaluation of the pear (*Pyrus communis* L.) “IGE 2002”, a new selection of the cultivar Dr. Jules Guyot / I. Iglesias, P. Vilardell, J. Bonany [et al.] // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2004. – Vol. 129, № 3. – P. 389–393. <http://dx.doi.org/10.21273/JASHS.129.3.0389>
17. In vitro rooting of *Pyrus calleryana* / G. Berardi, D. Neri, A. Maiorino, R. Adversi // *Acta Horticulturae*. – 1992. – № 300. – P. 181–188. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.300.26>
18. Dwivedi, S. K. In vitro propagation of low-chill pear cv Gola / S. K. Dwivedi, L. D. Bist // *Indian Journal of Horticulture*. – 1999. – Vol. 56, № 3. – P. 189–193.
19. Etude comparative de l’aptitude a la micropropagation, par culture de meristems in vitro, du poirier cv. “Passe-Crassane” adulte et de poiriers juveniles issus de semis de “Passe-Crassane” / K. Al-Maarri, M. Duron, Y. Arnaud, E. Miginiac // *Comptes Rendus des Seances de l’Academie d’Agriculture de France*. – 1986. – Vol. 72, № 5. – P. 413–421.
20. Al-Maarri, K. Micropropagation of *Pyrus communis* cultivar ‘Passe Crassane’ seedlings and cultivar ‘Williams’: factors affecting root formation in vitro and ex vitro / K. Al-Maarri, Y. Arnaud, E. Miginiac // *Scientia Horticulturae*. – 1994. – Vol. 58, № 3. – P. 207–214. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(94\)90152-x](https://doi.org/10.1016/0304-4238(94)90152-x)

21. Viseur, J. Micropropagation of pear, *Pyrus communis* L., in a double-phase culture medium / J. Viseur // *Acta Horticulturae*. – 1987. – № 212. – P. 117–124. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1987.212.19>
22. De Paoli, G. Micropropagazione delle varietà di pero / G. De Paoli // *Informatore Agrario*. – 1987. – Vol. 43, № 51. – P. 71–73.
23. Micropropagation in wild pear (*Pyrus syrica*) / R. A. Shibli, M. M. Ajlouni, A. Jaradat [et al.] // *Scientia Horticulturae*. – 1997. – Vol. 68, № 1–4. – P. 237–242. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(96\)00972-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(96)00972-7)
24. Cosac, A. C. In vitro propagation of some pear cultivars / A. C. Cosac, L. B. Fräsin, M. Isac // *Acta Horticulturae*. – 2008. – № 800. – P. 447–452. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.800.56>
25. Микрোকлональное размножение груши (*Pyrus Communis* L.) *in vitro* / И. В. Бартиш, С. М. Меркулов, В. И. Корховой, В. П. Копань // *Физиология и биохимия культурных растений*. – 1994. – Т. 26, № 1. – С. 84–90.
26. Stimart, D. P. In vitro shoot proliferation of *Pyrus calleryana* from vegetative buds / D. P. Stimart, J. F. Harbage // *HortScience*. – 1989. – Vol. 24, № 2. – P. 298–299. <https://doi.org/10.21273/hortsci.24.2.298>
27. Reed, B. M. Screening *Pyrus* germplasm for in vitro rooting response / B. M. Reed // *HortScience*. – 1995. – Vol. 30, № 6. – P. 1292–1294. <https://doi.org/10.21273/hortsci.30.6.1292>

References

1. Bhojwani S. S., Mullins K., Cohen D. In vitro propagation of *Pyrus pyrifolia*. *Scientia Horticulturae*, 1984, vol. 23, no. 3, pp. 247–254. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(84\)90068-2](https://doi.org/10.1016/0304-4238(84)90068-2)
2. Singha S. In vitro propagation of Seckel pear. *Nursery production of fruit plants through tissue culture: application and feasibility: proceedings of the conference, Beltsville, 21–22 April 1980*. Beltsville, 1980, pp. 59–63.
3. Shen X.-S., Mullins M. G. Propagation in vitro of pear, *Pyrus communis* L., cultivars ‘William’s Bon Chrétien’, ‘Packham’s Triumph’ and ‘Beurré Bosc’. *Scientia Horticulturae*, 1984, vol. 23, no. 1, pp. 51–57. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(84\)90044-X](https://doi.org/10.1016/0304-4238(84)90044-X)
4. Sedlak J., Paprstein F. Influence of growth regulators on in vitro propagation of *Pyrus communis* cv. Koporecka. *Acta Horticulturae*, 2003, no. 616, pp. 379–382. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.616.57>
5. Kaviani B., Barandan A., Tymoszuk A., Kulus D. Optimization of in vitro propagation of pear (*Pyrus communis* L.) ‘Pyrodwarf®(S)’ rootstock. *Agronomy*, 2023, vol. 13, no. 1, art. 268. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010268>
6. Hirabayashi T., Moriguchi T., Kozaki I., Yamamoto Y., Matsuzaki S. In vitro propagation of *Pyrus* shoot tips. *Bulletin of the Fruit Tree Research Station. Series A*, 1987, no. 14, pp. 9–16.
7. Lizárraga A., Fraga M., Ascasiábar J., González M. L. In vitro propagation and recovery of eight apple and two pear cultivars held in a germplasm bank. *American Journal of Plant Sciences*, 2017, vol. 8, no. 9, pp. 2238–2254. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.89150>
8. Lane W. D. Regeneration of pear plants from shoot meristem tips. *Plant Science Letters*, 1979, vol. 16, no. 2–3, pp. 337–342. [https://doi.org/10.1016/0304-4211\(79\)90046-4](https://doi.org/10.1016/0304-4211(79)90046-4)
9. Moretti C., Scozzoli A., Pasini D., Paganelli F. In vitro propagation of pear cultivars. *Acta Horticulturae*, 1991, no. 300, pp. 115–118. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.300.12>
10. Rossi V., De Paoli G., Dal Pozzo P. Propagation of *Pyrus calleryana* sel. D6 by in vitro culture. *Acta Horticulturae*, 1992, no. 300, pp. 145–148. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1992.300.19>
11. Bahri-Sahloul R., Ammar S., Msallem A., Mtar R. Micropropagation of three *Pyrus* rootstocks. *Advances in Horticultural Science*, 2005, vol. 19, no. 1, pp. 21–28.
12. Hlaing N. Z., Ming F., Shuling J. Study of *in vitro* root induction and hardening responses of four *Pyrus* spp. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 2019, vol. 8, no. 3, pp. 87–90. <https://doi.org/10.31254/jsir.2019.8304>
13. Ružić D., Vujović T., Nikolić D., Cerović R. In vitro growth responses of the ‘Pyrodwarf’ pear rootstock to cytokinin types. *Romanian Biotechnological Letters*, 2011, vol. 16, no. 5, pp. 6630–6637.
14. Berardi G., Rodrigo I., Davide N. Micropropagation of *Pyrus calleryana* Dcn. from seedlings. *Scientia Horticulturae*, 1993, vol. 53, no. 1–2, pp. 157–165. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(93\)90146-H](https://doi.org/10.1016/0304-4238(93)90146-H)
15. Baviera J. A., García J. L., Ibarra M. Commercial in vitro micropropagation of pear cv. Conference. *Acta Horticulturae*, 1989, no. 256, pp. 63–68. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1989.256.5>
16. Iglesias I., Vilardell P., Bonany J., Claveria E., Dolcet-Sanjuan R. Micropropagation and field evaluation of the pear (*Pyrus communis* L.) “IGE 2002”, a new selection of the cultivar Dr. Jules Guyot. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2004, vol. 129, no. 3, pp. 389–393. <http://dx.doi.org/10.21273/JASHS.129.3.0389>
17. Berardi G., Neri D., Maiorino A., Adversi R. In vitro rooting of *Pyrus calleryana*. *Acta Horticulturae*, 1992, no. 300, pp. 181–188. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.300.26>
18. Dwivedi S. K., Bist L. D. In vitro propagation of low-chill pear cv Gola. *Indian Journal of Horticulture*, 1999, vol. 56, no. 3, pp. 189–193.
19. Al-Maarri K., Duron M., Arnaud Y., Miginiac E. Etude comparative de l’aptitude a la micropropagation, par culture de meristems in vitro, du poirier cv. “Passe-Crassane” adulte et de poiriers juveniles issus de semis de “Passe-Crassane”. *Comptes Rendus des Seances de l’Academie d’Agriculture de France*, 1986, vol. 72, no. 5, pp. 413–421 (in French).
20. Al-Maarri K., Arnaud Y., Miginiac E. Micropropagation of *Pyrus communis* cultivar ‘Passe Crassane’ seedlings and cultivar ‘Williams’: factors affecting root formation in vitro and ex vitro. *Scientia Horticulturae*, 1994, vol. 58, no. 3, pp. 207–214. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(94\)90152-x](https://doi.org/10.1016/0304-4238(94)90152-x)
21. Viseur J. Micropropagation of pear, *Pyrus communis* L., in a double-phase culture medium. *Acta Horticulturae*, 1987, no. 212, pp. 117–124. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1987.212.19>

22. De Paoli G. Micropropagazione delle varietà di pero. *Informatore Agrario*, 1987, vol. 43, no. 51, pp. 71–73 (in Italian).
23. Shibli R. A., Ajlouni M. M., Jaradat A., Aljanabi S., Shatnawi M. Micropropagation in wild pear (*Pyrus syrica*). *Scientia Horticulturae*, 1997, vol. 68, no. 1–4, pp. 237–242. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(96\)00972-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(96)00972-7)
24. Cosac, A. C., Fräsin L. B., Isac M. In vitro propagation of some pear cultivars. *Acta Horticulturae*, 2008, vol. 800, pp. 447–452. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.800.56>
25. Bartish I. V., Merkulov S. M., Korkhovoy V. I., Kopan V. P. Microclonal propagation of some pear (*Pyrus Communis* L.) in vitro. *Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rastenii = Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, 1994, vol. 26, no. 1, pp. 84–90 (in Russian).
26. Stimart D. P., Harbage J. F. In vitro shoot proliferation of *Pyrus calleryana* from vegetative buds. *HortScience*, 1989, vol. 24, no. 2, pp. 298–299. <https://doi.org/10.21273/hortsci.24.2.298>
27. Reed B. M. Screening *Pyrus* germplasm for in vitro rooting response. *HortScience*, 1995, vol. 30, no. 6, pp. 1292–1294. <https://doi.org/10.21273/hortsci.30.6.1292>

Информация об авторах

Колбанова Елена Вячеславовна – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией диагностики отдела биотехнологии, Институт плодородства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Ковалева, 2, Самохваловичи, 223013, Минский район, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: el.kolbanova@mail.ru

Кухарчик Наталья Валерьевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий отделом биотехнологии, Институт плодородства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Ковалева, 2, 223013, Самохваловичи, Минский район, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: nkykhartchik@gmail.com

Божидай Татьяна Николаевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела биотехнологии, доцент, Институт плодородства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Ковалева, 2, 223013, Самохваловичи, Минский район, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: tanya_bozhidaj@mail.ru

Information about the authors

Elena V. Kolbanova – Ph. D. (Biology), Associate Professor, Head of Diagnostics Laboratory of Biotechnology Department, Institute for Fruit Growing, National Academy of Sciences of Belarus (2, Kovalyov St., 223013, Samokhvalovichy, Minsk District, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: el.kolbanova@mail.ru

Natallia V. Kukharchyk – Dr. Sc. (Agriculture), Professor, Head of Biotechnology Department, Institute for Fruit Growing, National Academy of Sciences of Belarus (2, Kovalyov St., 223013, Samokhvalovichy, Minsk District, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: nkykhartchik@gmail.com

Tatsiana N. Bazhydai – Ph. D. (Biology), Associate Professor, Leading Researcher of Biotechnology Department, National Academy of Sciences of Belarus (2, Kovalyov St., 223013, Samokhvalovichy, Minsk District, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: tanya_bozhidaj@mail.ru