

А. В. Константинов, М. Я. Острикова

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь

**ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ РИЗОСФЕРНЫХ ПСЕВДОМОНАД
НА РОСТ МИКРОКЛОНАЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ
(*BETULA PUBESCENS* EHRH.) В РАЗНЫЕ СРОКИ ПОСАДКИ**

Изучено влияние почвенных микроорганизмов (четырёх штаммов бактерий рода *Pseudomonas*) и способов их внесения на рост и развитие микроклональных растений (береза пушистая клон Бп3ф1) на этапе их адаптации к условиям *ex vitro* в различные сроки посадки. В результате экспериментов установлено, что применение штаммов псевдомонад оказывает положительное влияние на развитие регенерантов, а обработка при посадке в осенний период приводит к большему ростстимулирующему воздействию. Отобраны наиболее перспективные штаммы бактерий, которые предполагается использовать в дальнейших исследованиях.

Ключевые слова: береза, размножение *in vitro*, адаптация *ex vitro*, штаммы *Pseudomonas*.

A. V. Konstantinov, M. Ya. Ostriкова

Institute of Forest of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Republic of Belarus

**THE INFLUENCE OF TREATMENT WITH RHIZOSPHERIC STRAINS OF PSEUDOMONAS
ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF BIRCH (*BETULA PUBESCENS* EHRH.)
REGENERANTS AT DIFFERENT TIMES LANDING**

The article describes the influence of bacteria different strains of genus *Pseudomonas* on growth parameters of clonally propagated birch (clone Bp3f1) during the process of adaptation to soil conditions was investigation. It was shown that the treatment of microbial preparations of rhizosphere microorganisms enhanced the growth and increased the survival rate of micropropagated plants. Experiments have shown that the use of *Pseudomonas* strains, has a positive effect on plant development. As a result of the experiments were selected the most promising bacterial strains to be used in further studies.

Keywords: birch, *in vitro* micropropagation, adaptation *ex vitro* acclimatization, strains of *Pseudomonas*.

Введение. Одним из перспективных методов быстрого размножения ценных генотипов деревьев является использование культуры тканей лесных древесных видов. Биотехнологические методы, основанные на использовании культур *in vitro*, активно применяют для производства лесного посадочного материала во многих странах мира, где созданы крупные биотехнологические центры (США, Канада, Финляндия, Латвия и др.). Микроклональное размножение растений на сегодняшний день имеет широкое практическое применение и позволяет получать вегетативное потомство растительных организмов, обладающее всеми признаками исходных форм [1].

Микроклональное размножение растений включает 4 основных этапа: 1) эксплантация исходной ткани и регенерацию растений (получение асептической культуры); 2) подбор условий культивирования растений *in vitro* и собственно микроклональное размножение (этап мультипликации); 3) укоренение размноженных побегов (этап ризогенеза); 4) высадка растений в грунт и постепенная акклиматизация к условиям *ex vitro* (этап адаптации) [2].

При промышленном микроклональном размножении при пересадке в нестерильные условия и адаптации возникают большие потери посадочного материала. Причинами гибели растений (50 % и более) является недостаток кутикулярного воска, низкая интенсивность фотосинтеза (листья растений, полученных *in vitro*, поглощают в 4–5 раз меньше CO₂), высокая интенсивность транспирации, связанная с нефункционирующими устьицами.

Для успешной приживаемости и интенсивного развития в нестерильных условиях растения должны преодолеть стрессы, которым они подвергаются в процессе адаптации. На ростовые

процессы и приживаемость микроклонально размноженных растений значительное влияние оказывает недостаточное функционирование корневых систем, не обеспечивающее поглощение необходимого количества воды и питательных элементов для компенсации транспирации и роста. Корни растений, полученные *in vitro*, не имеют корневых волосков и часто развиваются из каллуса [3–5].

Таким образом, растения, перемещаемые в нестерильные условия, должны либо адаптировать существующий листовой аппарат и корни к новым условиям, либо расти со скоростью, позволяющей сформировать новые вегетативные органы, приспособленные к изменившимся условиям [6].

Оптимизировать и ускорить прохождение растениями процесса адаптации можно путем внесения в субстрат штаммов ризосферных бактерий или препаратов, содержащих мицелий микоризообразующих грибов. Присутствие данных групп микроорганизмов в почве облегчает прохождение адаптации растениями и обеспечивает их успешный рост и развитие [7, 8].

Бактерии способны конкурировать с фитопатогенными микроорганизмами, эффективно подавляя их рост, а также улучшать минеральное питание растений и обеспечивать их биологически активными веществами [9–11].

В результате взаимодействия с микроорганизмами в ризосфере и ризоплане растения могут получать необходимые макро- и микроэлементы. Бактерии родов *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Arthrobacter* sp., *Bacillus* sp., *Clostridium* sp., *Enterobacter* sp., *Gluconoacetobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Rhizobium* sp., *Bradyrhizobium* sp., *Mesorhizobium* sp., *Sinorhizobium* sp. и др. способны не только обогащать почву азотом, но и улучшать подвижность соединений фосфора, делая его доступным для корневого питания растений. Микоризные грибы обеспечивают интенсивную ассимиляцию фосфора и азота [12, 13].

Среди почвенной микрофлоры особенно много организмов, выделяющих в почву антибиотические вещества и фитогормоны. Приспособленность растений к интенсивному поглощению указанных соединений позволяет в значительной мере обеспечить защиту от патогенов и фитофагов. Ризосферные бактерии также способны улучшать водный и минеральный статус растений и способствовать снижению содержания в них этилена [14, 15].

Цель наших исследований – изучение влияния суточных культур бактерий рода *Pseudomonas* spp. на приживаемость и адаптацию регенерантов березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) к нестерильным почвенным условиям в разные сроки посадки.

Объекты и методы исследования. Работа проводилась на базе лаборатории генетики и биотехнологии Института леса НАН Беларуси. Посадку растений проводили в два этапа – в июле и ноябре. Выбор данных сроков обусловлен необходимостью разработки подходов к ускоренному выращиванию микроклонального посадочного материала. Так, при посадке растений в июле появляется возможность их выведения в естественные условия лесных культур в год адаптации, а при высадке в ноябре получаемый материал можно высаживать в теплицы и на поля доращивания в ранневесенний период.

В ходе исследования использовали генетически однородный клоновый материал березы пушистой (клон Бп3ф1) из коллекции культур *in vitro*, что исключало влияние генотипических различий растений на результаты эксперимента.

Культивирование растений *in vitro* проводилось в условиях освещенности 2,5–3 тыс. лк и температуре 25 ± 1 °С в течение 1,5 мес. на безгормональной агаризованной среде WPM [16] для древесных растений.

Растения выращивали в кассетах по 54 ячейки объемом 70 мл каждая. Для обработки адаптируемых микрорастений применяли штаммы бактерий рода *Pseudomonas*: *Ps. aurantiaca* В 162/17, *Ps. fluorescens* рАСД 1.4, *Ps. mendocina* рАУСД 1.7 и *Ps. mendocina* 9–40, предоставленные кафедрой генетики БГУ. В каждом варианте опыта использовали два способа обработки микроклональных растений: однократный полив рабочим раствором суточной культуры (100 мл/1000 мл воды) по 5 мл раствора на каждое растение непосредственно после высадки или предпосадочное обмакивание корней микроклонов в рабочий раствор культуры микроорганизмов (КОЕ 10⁹). Обработку растений контрольного варианта культурой микроорганизмов не проводили. В качестве

субстрата использовали смесь верхового торфа с песком в соотношении 3:1. Количество исследуемых растений в каждом варианте составило 54 шт.

Выращивание растений в условиях круглосуточного освещения является одним из путей повышения продуктивности растений и улучшения их качества [17]. В связи с изложенным выше адаптация *ex vitro* проводилась в условиях постоянного освещения люминесцентными лампами интенсивностью 2–4 тыс. лк, при температуре 32 ± 1 °C (июль–август), 24 ± 1 °C (ноябрь–декабрь) и относительной влажности воздуха около 90 %. Длительность эксперимента составила 45 сут.

Морфологическое развитие растений в контроле и под воздействием штаммов ризосферных бактерий оценивали по параметру высоты побега (в миллиметрах) от поверхности субстрата до последней развитой почки. Рассчитывали процент приживаемости регенерантов березы в конце периода адаптации, анализировали процент прироста и динамику развития растений. Учеты проводили на 3, 15, 30, 45-й день после посадки. Для статистической обработки полученных результатов использовали программные пакеты Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Анализ полученных результатов показал, что обработка суточными культурами рода *Pseudomonas* sp. оказывает влияние на сохранность черенковых клонов и их последующий рост как в летний, так и в осенний период.

В ходе визуальной оценки морфологических признаков растений в вариантах опыта с применением исследуемых штаммов микроорганизмов отмечено отсутствие искривленных и загнутых побегов и заметно лучшее развитие листовых пластинок.

Показатели динамики прироста растений в опытном и контрольном вариантах имели различия. Так, в контрольном варианте прирост составил 143 % относительно начальной высоты. В вариантах опыта с обмакиванием корней в культуру *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7 и с поливом культурой *Ps. fluorescens* pACD 1.4 наблюдался наиболее интенсивный прирост – 250 и 240 % соответственно относительно исходной высоты.

Данные по средней высоте стволика и величине прироста растений в летний период представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Средняя высота стволика и величина прироста растений летней посадки

Тип обработки	Средняя высота стволика, мм				Прирост		Приживаемость, %
	на 3-й день	на 15-й день	на 30-й день	на 45-й день	мм	%	
Контроль	24,2 ± 1,4	29,2 ± 1,8	43,9 ± 2,4	58,8 ± 2,4	34,5	143	78
Обмакивание корней:							
<i>Ps. aurantiaca</i> В 162/17	24,6 ± 0,9	28,3 ± 1,1	42,5 ± 2,1	56,2 ± 2,1	31,6	128	74
<i>Ps. fluorescens</i> pACD 1.4	22,5 ± 0,8	29,5 ± 1,0	43,3 ± 1,9	56,3 ± 1,9	33,8	151	85
<i>Ps. mendocina</i> pAYSCD 1.7	18,2 ± 0,6	26,3 ± 0,8	45,6 ± 1,9	63,7 ± 1,9	45,5	250	100
<i>Ps. mendocina</i> 9–40	21,1 ± 0,7	27,4 ± 0,9	43,5 ± 2,2	59,9 ± 2,2	38,8	184	96
Полив:							
<i>Ps. aurantiaca</i> В 162/17	26,0 ± 1,3	31,1 ± 1,4	44,0 ± 2,2	56,2 ± 2,2	30,3	116	80
<i>Ps. fluorescens</i> pACD 1.4	18,4 ± 0,7	24,0 ± 1,1	43,2 ± 2,5	62,6 ± 2,5	44,2	240	89
<i>Ps. mendocina</i> pAYSCD 1.7	17,3 ± 0,8	25,2 ± 1,1	37,5 ± 2,1	50,3 ± 2,1	33,2	191	99
<i>Ps. mendocina</i> 9–40	18,7 ± 0,7	25,5 ± 1,2	45,5 ± 2,8	60,0 ± 2,8	38,3	205	76

Приживаемость растений летней посадки по прошествии 1,5 мес. в контроле составила 78 %. Максимальная сохранность (100 %) отмечена у растений при поливе с использованием штамма *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7. В случае обмакивания корней в бульонную культуру бактерий данного штамма прижилось 98 % растений. Наименьшая приживаемость (74 %) наблюдалась у растений, обработанных штаммом *Ps. aurantiaca* В 162/17 при обмакивании корней, и у варианта, где применяли полив с использованием *Ps. mendocina* 9–40 (76 %). Во всех остальных случаях процент приживаемости растений оказался выше контрольного.

Высокая интенсивность прироста отмечена в вариантах опыта со штаммом *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7 (при обмакивании корней и поливе 250 и 191 % соответственно) и в обоих вариантах со штаммом *Ps. mendocina* 9–40 (184 и 205 %). В случае применения штамма *Ps. fluorescens*

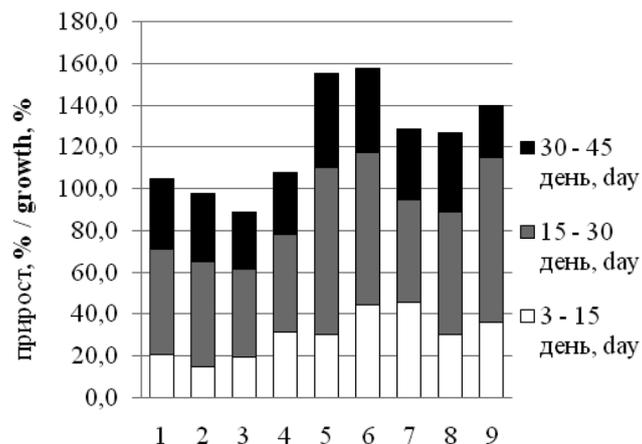


Рис. 1. Влияние суточных культур бактерий рода *Pseudomonas* sp. на динамику роста растений летней посадки по периодам, %: 1 – контроль (без обработки); 2 – *Ps. aurantiaca* B 162/17 (обмакивание корней); 3 – *Ps. aurantiaca* B 162/17 (полив); 4 – *Ps. fluorescens* pACD 1.4 (обмакивание корней); 5 – *Ps. fluorescens* pACD 1.4 (полив); 6 – *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7 (обмакивание корней); 7 – *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7 (полив); 8 – *Ps. mendocina* 9–40 (обмакивание корней); 9 – *Ps. mendocina* 9–40 (полив)

Fig. 1. Effect of daily culture bacteria of the genus *Pseudomonas* sp. on the dynamics of the growth of plants on a summer planting by periods, %: 1 – control (no treatment); 2 – *Ps. aurantiaca* B 162/17 (dipping the roots); 3 – *Ps. aurantiaca* B 162/17 (watering); 4 – *Ps. fluorescens* pACD 1.4 (root dipping); 5 – *Ps. fluorescens* pACD 1.4 (watering); 6 – *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7 (dipping the roots); 7 – *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7 (watering); 8 – *Ps. mendocina* 9–40 (dipping the roots); 9 – *Ps. mendocina* 9–40 (watering)

pACD 1.4 способом полива изучаемый показатель оказался равен 240 % относительно исходной высоты регенерантов. Применение штамма *Ps. aurantiaca* B 162/17 негативно отразилось на приросте растений, его уровень был ниже контрольного.

Динамика прироста микрорастений представлена на рис. 1.

Таким образом, применение штаммов *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7 и *Ps. mendocina* 9–40 в случае обмакивания корней способствовало высокой приживаемости адаптируемых растений, а также увеличению интенсивности их прироста.

Штамм *Ps. fluorescens* pACD 1.4 в случае обмакивания корней положительно влиял на прирост, не оказывая при этом существенного воздействия на приживаемость микрорастений. Использование штамма *Ps. aurantiaca* B 162/17 негативно сказалось на адаптируемых растениях.

Установлено, что по сравнению с начальной высотой прирост в контрольном варианте эксперимента составил 340 %. В то же время наиболее интенсивный прирост наблюдался в вариантах опыта со штаммом *Ps. mendocina* 9–40: в случае полива раствором культуры данного микроорганизма величина прироста составила 536 % от исходной высоты, а при обмакивании корней в суспензию – 466 %. Достаточно высокая интенсивность прироста отмечена в вариантах опыта с поливом *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7 – 442 % и поливом раствором суспензии *Ps. fluorescens* pACD 1.4 – 425 % относительно начальной высоты. Наиболее интенсивно растения, обработанные вышеуказанными штаммами ризосферных псевдомонад, развивались в первые полторы недели после посадки, а в случае использования штамма *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7 такая динамика сохранялась до конца первого месяца адаптации растений березы.

Данные по средней высоте стволика и величине прироста растений в осенний период представлены в табл. 2.

Приживаемость растений осенней посадки оказалась выше, чем растений летней посадки. По прошествии 1,5 мес. данный показатель в контроле составил 96 %. При применении штаммов *Ps. aurantiaca* B 162/17 и *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7 в опыте с поливом, а также после обмакивания корней растений в суспензию бактерий штамма *Ps. fluorescens* pACD 1.4 приживаемость составила 98 %. В остальных случаях отмечена максимальная сохранность растений (100 %). Во всех вариантах опыта процент приживаемости растений оказался выше контрольного показателя.

Таблица 2. Средняя высота стволика и величина прироста растений осенней посадки

Тип обработки	Средняя высота стволика, мм				Прирост		Приживаемость, %
	на 3-й день	на 15-й день	на 30-й день	на 45-й день	мм	%	
Контроль	17,3 ± 0,6	35,0 ± 1,5	50,3 ± 2,3	76,1 ± 3,4	58,8	340	96
Обмакивание корней:							
<i>Ps. aurantiaca</i> В 162/17	26,5 ± 1,1	41,8 ± 1,4	66,8 ± 1,7	93,9 ± 2,1	67,4	254	100
<i>Ps. fluorescens</i> pACD 1.4	25,8 ± 1,2	43,3 ± 1,6	71,8 ± 2,7	111,8 ± 7,6	86,0	333	98
<i>Ps. mendocina</i> pAYSCD 1.7	18,3 ± 0,7	42,6 ± 1,3	69,0 ± 1,3	99,4 ± 2,3	81,1	442	100
<i>Ps. mendocina</i> 9–40	19,7 ± 0,8	38,7 ± 1,3	73,2 ± 1,6	111,3 ± 2,7	91,6	466	100
Полив:							
<i>Ps. aurantiaca</i> В 162/17	21,0 ± 0,7	40,2 ± 1,3	67,4 ± 1,7	94,1 ± 2,3	73,1	347	98
<i>Ps. fluorescens</i> pACD 1.4	17,5 ± 0,8	37,5 ± 1,0	65 ± 1,4	91,9 ± 1,9	74,4	425	100
<i>Ps. mendocina</i> pAYSCD 1.7	17,9 ± 0,8	31,9 ± 1,4	58,7 ± 2,5	85,3 ± 3,8	67,4	376	98
<i>Ps. mendocina</i> 9–40	17,8 ± 0,7	38,4 ± 1,4	75,6 ± 1,8	113,6 ± 3,6	95,8	536	100

Обмакивание корней в суспензию бактерий штамма *Ps. aurantiaca* В 162/17 негативно отразилось на приросте растений: его уровень был ниже контрольного (253 %), а в варианте опыта с поливом суспензией данного штамма лишь незначительно превышал контрольный показатель, составив 347 %.

Динамика прироста микрорастений осенней посадки представлена на рис. 2.

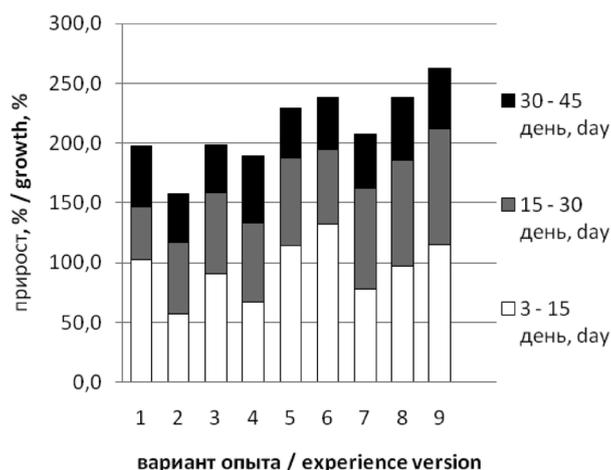


Рис. 2. Влияние суточных культур бактерий рода *Pseudomonas* sp. на динамику роста растений осенней посадки по периодам, %. Обозначения как на рис. 1.

Fig. 2. Effect of daily culture bacteria of the genus *Pseudomonas* sp. on the dynamics of the growth of the autumn planting by period, %. Symbols as in Fig. 1

Заклучение. Применение штаммов бактерий рода *Pseudomonas* в период адаптации обеспечило высокую приживаемость растений, а также способствовало увеличению их прироста, при этом отмечалась различная интенсивность ростстимулирующего эффекта PGPR микроорганизмов, который зависел не только от штамма, но и от способа обработки микрорастений.

Установлено, что у растений различных сроков посадки разные периоды наиболее интенсивного роста. У растений летней посадки он приходился на период с 15-го по 30-й день, а у растений осенней посадки – на первые полторы недели адаптации.

Наиболее благоприятное воздействие ризосферных бактерий в летний период проявилось при обмакивании корней растений в культуру *Ps. mendocina* pAUSCD 1.7 и при поливе рабочим раствором бульонной культуры *Ps. fluorescens* pACD 1.4. В осенний период наилучшие результаты получены при использовании бактерий штамма *Ps. mendocina* 9–40.

Применение всех штаммов псевдомонад, за исключением *Ps. aurantiaca* В 162/17, оказало ростстимулирующее влияние на микрорастения. При этом обработка адаптируемых

растений березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) культурами ризосферных бактерий при посадке в осенний период привела к их значительно большему ростстимулирующему воздействию.

Необходимо отметить, что приживаемость растений осенней посадки в пяти вариантах опыта составила 100 %, в остальных – более 95 %, что превышало аналогичный показатель для растений летнего срока посадки.

В результате проведенных исследований нами отобраны штаммы ризосферных бактерий рода *Pseudomonas*: *Ps. mendocina* pAYSCD 1.7 и *Ps. mendocina* 9–40 как наиболее перспективные для применения в ходе адаптации микроклональных растений к почвенным условиям.

Список использованных источников

1. Яцына, А. А. Перспективы использования методов культуры клеток и тканей в селекции лесных древесных растений / А. А. Яцына, И. И. Концевая // Лесная наука на рубеже XXI века: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – Гомель, 1997. – Вып. 46. – С. 127–134.
2. Размножение *in vitro* *Gerbera hybrida* и адаптация к оранжерейным условиям / И. Ф. Вайновская [и др.] // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. Ин-та эксперим. ботаники НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2009. – Вып. 37. – С. 363–373.
3. Деменко, В. И. Микроклональное размножение садовых растений / В. И. Деменко. – М.: Изд-во МСХА, 2007. – 55 с.
4. Yao-Hong, Z. Effects of *in vitro* rooting environments and irradiance on growth and photosynthesis of strawberry plantlets during acclimatization / Z. Yao-Hong, G. De-Ping, Z. Zhu-Jun // Plant Cell Tiss Organ Cult. – 2005. – N 81. – P. 105–108.
5. Perez, E. A. Preparing tissue-cultured banana plantlets for field planting / E. A. Perez, C. R. Hooks // Biotechnology. – 2008. – N 8. – P. 1–3.
6. Деменко, В. И. Адаптация растений, полученных *in vitro*, к нестерильным условиям / В. И. Деменко, В. А. Лебедев // Изв. ТСХА. – 2011. – № 1. – С. 60–70.
7. Острикова, М. Я. Влияние обработки культурами ризосферных бактерий на приживаемость и адаптацию ренератов осины (*Populus tremula* L.) / М. Я. Острикова, А. В. Константинов, И. М. Баландина // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – Гомель, 2011. – Вып. 71. – С. 287–293.
8. The effect of mycorrhiza in nutrient uptake and biomass of cherry rootstocks during acclimatization / Y. Aka-Kacar [et al.] // Romanian Biotechnol. Lett. – 2010. – Vol. 15, N 3. – P. 46–52.
9. Ștefan, M. Plant growth promoting rhizobacteria can inhibit the *in vitro* germination of *Glycine max* L. seeds / M. Ștefan, M. Mihășan, S. Dunca // Anale Științifice ale Universității “Alexandru Ioan Cuza”, Secțiunea Genetică și Biologie Moleculară. – 2008. – Vol. IX. – P. 105–110.
10. The effect of PGPR strain on wheat yield and quality parameters / M. Turan [et al.] // 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, 1–6 August 2010. – P. 209–212.
11. Микроорганизмы продуценты стимуляторов роста растений и их практическое применение (обзор) / Е. А. Цевкелова [и др.] // Прикл. биохимия и микробиология. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 133–143.
12. Свойства фосфатмобилизующих бактерий и их влияние на урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых супесчаных почвах / Т. Б. Барашенко [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2 (47). – С. 120–129.
13. Лешина, Л. Г. Клеточные и молекулярно-генетические механизмы симбиоза и ассоциативного взаимодействия микроорганизмов с растениями в ризосфере / Л. Г. Лешина // Biopolymers and cell. – 2009. – Vol. 25, N 1. – С. 27–38.
14. Indole acetic acid and phytase activity produced by rhizosphere bacilli as affected by pH and metals / J. J. Acuña [et al.] // J. of Soil Sci. and Plant Nutrition. – 2011. – Vol. 11 (3). – P. 1–12.
15. Nor Aini, A. S. The effects of different indole-3-butyric acid (IBA) concentrations, two light regimes of *in vitro* rooting and acclimatization of *in vitro* teak (*Tectona grandis* L.) plantlets / A. S. Nor Aini, B. L. Goh, R. Ridzuan // Afr. J. of Biotechnol. – 2009. – Vol. 8, N 22. – P. 58–61.
16. Owen, H. R. An examination and correction of plant tissue culture basal medium formulations / H. R. Owen, A. R. Miller // Plant Cell Tiss. Organ Cult. – 1992. – Vol. 28. – P. 147–150.
17. Шибаева, Т. Г. ДРОП – обработка рассады томатов в условиях круглосуточного освещения – эффективный способ повышения продуктивности / Т. Г. Шибаева, М. И. Сысоева // Инновационные направления современной физиологии растений: тез. докл. Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – Москва, 2–6 июня 2013 г. – С. 103–104.

References

1. Yatsyna, A. A. and Kontsevaya, I. I. (1997) “Prospects of using of cell and tissue culture techniques in breeding of forest woody plants”, *Lesnaya nauka na rubezhe XXI veka: sb. nauch. tr. In-ta lesa NAN Belarusi* [Proc. of the Forest Institute of NAS of Belarus "Forest Science at the turn of the XXI century"], Minsk, BY, vol. 46, pp. 127-134.
2. Vainovskaya, I. F., Chumakova, I.P., Glushakova, N.M. and Fomenko, T. I. (1997) “In vitro reproduction *Gerbera hybrida* and acclimatization to the greenhouse conditions”, *Botanika (issledovaniya): sb. nauch. tr. In-ta eksperim. botaniki NAN Belarusi* [Proc. of the Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences. Botany (research)], vol. 46, pp. 127-134.

3. Demenko, V. I. (2007) *Mikroklonal'noe razmnozhenie sadovykh rastenii* [Micropropagation of garden plants], MAA, Moscow, RU.
4. Yao-Hong, Z., De-Ping, G. and Zhu-Jun, Z. (2005) "Effects of *in vitro* rooting environments and irradiance on growth and photosynthesis of strawberry plantlets during acclimatization", *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, no. 81, pp. 105-108.
5. Perez, E. A. and Hooks, C. R. (2008) "Preparing tissue-cultured banana plantlets for field planting" *Biotechnology*, no. 8, pp. 1-3.
6. Demenko, V. I. and Lebedev, V. A. (2011) "Acclimatization of *in vitro* obtained plant, in non-sterile conditions", *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Izvestiya Timiryazev Agricultural Academy], no. 1, pp. 60-70.
7. Ostrikova, M. YA., Konstantinov, A. V. and Balandina, I. M. (2011) "The influence of treatment with cultures of rhizosphere bacteria on survival rate and acclimatization of aspen (*Populus tremula* L.) regenerants", *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sb. nauch. tr. In-ta lesa NAN Belarusi* [Proc. of the Forest Institute of NAS of Belarus "Problems of Forest and Forestry"], Minsk, BY, vol. 71, pp. 287-293.
8. Aka-kaçar, Y., Akpınar, Ç., Agar, A., Yalçın-Mendi, Y., Serçe, S. and Ortaş, İ. (2010) "The effect of mycorrhiza in nutrient uptake and biomass of cherry rootstocks during acclimatization", *Romanian Biotechnological Letters*, vol. 15, no. 3, pp. 46-52.
9. Ştefan, M., Mihăşan, M. and Dunca, S. (2008) "Plant growth promoting rhizobacteria can inhibit the *in vitro* germination of *Glycine max* L. seeds", *Analele Ştiinţifice ale Universităţii "Alexandru Ioan Cuza", Secţiunea Genetică şi Biologie Moleculară*, vol. IX, pp. 105-110.
10. Turan, M., Gulluce, M., Cakmakci, R., Oztas, T. and Sahin, F. (2010) "The effect of PGPR strain on wheat yield and quality parameters", *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, 1–6 August 2010*, Brisbane, AU, pp. 209-212.
11. Tsevelkova, Ye. A., Klimova, S. Yu., Cherdyntseva, T. A. and Netrusov, A. I. (2006) "Microorganisms as producers of plant growth stimulants and their application in practice (the review)", *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied Biochemistry and Microbiology], vol. 42, no. 2, pp. 133-143.
12. Barashenko, T. B., Dyusova, S. V., Mikanova, O., Mikhaylovskaya, N. A. and Tarasyuk, Ye. G. (2011) "Properties of phosphate mobilizing bacteria and their effect on the yield of grain crops on sod-podzolic sandy loam soils", *Pochvovedeniye i agrokhimiya* [Soil Science and Agricultural Chemistry], no. 2 (47), pp. 120-129.
13. Leshina, L. G. (2009) "Cellular and molecular-genetic mechanisms of symbiosis and associative interaction of microorganisms with plants in rhizosphere", *Biopolymers and cell*, vol. 25, no. 1, pp. 27-38.
14. Acuña, J. J., Jorquera, M. A., Martínez, O. A., Menezes-Blackburn, D., Fernández, M. T., Marschner, P., Greiner, R. and Mora, M. L. (2011) "Indole acetic acid and phytase activity produced by rhizosphere bacilli as affected by pH and metals", *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, vol. 11 (3), pp. 1-12.
15. Nor Aini, A. S., Goh, B. L. and Ridzuan, R. (2009) "The effects of different indole-3-butyric acid (IBA) concentrations, two light regimes of *in vitro* rooting and acclimatization of *in vitro* teak (*Tectona grandis* L.) plantlets", *African Journal of Biotechnology*, vol. 8, N 22, pp. 58-61.
16. Owen, H. R. and Miller, A. R. (1992) "An examination and correction of plant tissue culture basal medium formulations", *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, vol. 28, pp. 147-150.
17. Shibaeva, T. G. and Sysoeva, M. I. (2007) "DROP - processing of tomato seedlings in a day and night lighting – effective way to increase productivity", *Innovatsionnye napravleniya sovremennoi fiziologii rastenii: tez. dokl. Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem* [Proc. All-Russian Scientific Conference with international participation "Innovative trends in modern plant physiology"], Moscow, RU, pp. 103-104.

Информация об авторах

Константинов Андрей Вячеславович – магистр биол. наук, мл. науч. сотрудник. Институт леса НАН Беларуси (ул. Пролетарская, 71, 226001, Гомель, Республика Беларусь). E-mail: avkonstantinov@mail.ru

Острикова Марина Яковлевна – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Институт леса НАН Беларуси (ул. Пролетарская, 71, 226001, Гомель, Республика Беларусь). E-mail: heterobasidion@mail.ru

Для цитирования

Константинов, А. В. Влияние штаммов ризосферных псевдомонад на рост микроклональных растений березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) в разные сроки посадки / А. В. Константинов, М. Я. Острикова // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. бйял. навук. – 2016. – № 4. – С. 107–113.

Information about the authors

Konstantinov Andrei Vyacheslavovich – M. Sc. (Biol.), Junior Research Scientist. Institute of Forest of National Academy of Sciences of Belarus, (Proletarian str., 71, 246001, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: victor.shaposhnikov@gmail.com

Ostrikova Marina Yakovlevna – Ph. D. (Biol.), Senior Scientific Researcher. Institute of Forest of National Academy of Sciences of Belarus, (Proletarian str., 71, 246001, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: heterobasidion@mail.ru

For citation

A. V. Konstantinov, M. Ya. Ostrikova. The influence of treatment with rhizospheric strains of pseudomonas on growth and development of birch (*Betula pubescens* Ehrh.) regenerants at different times landing. *Proceedings of the National academy of sciences of Belarus, biological series*, 2016, no. 4, pp. 107–113.