

// Aktualnye voprosy nauki. – 2018. – No. 46. – S. 129-132.

11. Sychev, V. G. Plodorodie pochv Rossii i puti ego regulirovaniya / V. G. Sychev, S. A. Shafran, S. B. Vinogradova // Agrokimiya. – 2020. – No. 6. – S. 3-13. – DOI 10.31857/S0002188120060125.

12. Lazarev, V. I. Vliyanie elementov tekhnologiy vozdeliyvaniya na vlogoobespechennost posevov yarovogo yachmenya v usloviyakh Kurskoy oblasti / V. I. Lazarev, Zh. N. Minchenko // Zemledelie. – 2023. – No. 2. – S. 32-36. – DOI 10.24412/0044-3913-2023-2-32-36.

13. Goryanin, O. I. Vliyanie predshestvennikov i elementov tekhnologiy na effektivnost vozdeliyvaniya ozimoy pshe-nitsy v zasushlivykh usloviyakh Povolzhya / O. I. Goryanin, B. Zh. Dzhangabaev, E. V. Shcherbinina // Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. – 2024. – No. 3. – S. 15-19. – DOI 10.31857/S2500262724030037.

14. Optimizatsiya tekhnologicheskikh operatsiy pri vozdeliyvanii polevykh kultur v zasushlivykh usloviyakh Povolzhya / O. I. Goryanin, B. Zh. Dzhangabaev, E. V. Shcherbinina, L. V. Pronovich // Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. – 2023. – No. 5. – S. 34-38. – DOI 10.31857/S250026272305006X.

15. Govorkova, S. B. Rost i razvitie ozimoy pshe-nitsy pri ispolzovanii regulyatorov rosta s retardantnymi svoystvami v usloviyakh Nechernozemnoy zony / S. B. Govorkova, S. I. Voronov // Kormlenie selskokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. – 2024. – No. 3 (224). – S. 59-73. – DOI 10.33920/sel-05-2403-05.

16. Kuzminykh, I. P. Modelirovanie urozhaynosti zerna yarovoy pshe-nitsy v usloviyakh umerenno-zasushlivoy kolochnoy stepi Altayskogo kraya / I. P. Kuzminykh, G. G. Morkovkin, S. V. Zhandarova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – No. 7 (189). – S. 5-10.

17. Vlasenko, A. N. Vybory adaptatsiya i otsenka resursoberegayushchikh agrotekhnologiy vozdeliyvaniya zernovykh kultur kak slozhnykh sistem / A. N. Vlasenko, G. L. Utenkov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 7 (201). – S. 56-60.

18. Kozlov, A. V. Vliyanie kremniysoderzhashchikh stimulyatorov rosta na biologicheskuyu produktivnost i pokazateli kachestva ozimoy pshe-nitsy i kartofelya / A. V. Kozlov, I. P. Uromova, A. Kh. Kulikova // Vestnik Mininskogo universiteta. – 2016. – No. 1-1 (13). – S. 31.

19. Vakulenko, V. V. Vliyanie regulyatorov rosta na urozhaynost selskokhozyaystvennykh kultur v razlichnykh zonakh Rossii / V. V. Vakulenko // Zernovoe khozyaystvo Rossii. – 2015. – No. 1. – S. 24-26.

20. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur: Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kultury / pod red. M.A. Fedina. – Moskva, 1989. – 194 s.

21. Chen, M., Zhu, Y.-H., Ren, M.-J., et al. (2022). Does Belt Uniform Sowing Improve Winter Wheat Yield under High Sowing Density? *Agronomy*, 12 (12), 2936. <https://doi.org/10.3390/agronomy12122936>.



УДК 58.085:634.2

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-261-7-17-24

А.О. Авакимян, М.А. Амосова

A.O. Avakimyan, M.A. Amosova

ВЛИЯНИЕ ЦИТОКИНИНОВ НА МУЛЬТИПЛИКАЦИЮ ПОДВОЕВ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР *IN VITRO*

EFFECT OF CYTOKININS ON MULTIPLICATION OF STONE FRUIT ROOTSTOCKS *IN VITRO*

Ключевые слова: косточковые культуры, *in vitro*, клональное микроразмножение, подвои, фитогормоны, цитокинины, кинетин, тидиазурон, 6-бензиламинопури, коэффициент размножения.

Keywords: stone fruit crops, *in vitro*, clonal micro-propagation, rootstocks, phytohormones, cytokinins, kinetin, thidiazuron, 6-benzylaminopurine, multiplication factor.

Клоновые подвои косточковых культур активно используют в современном плодоводстве, а метод клонального микроразмножения *in vitro* позволяет быстро тиражировать оздоровленный посадочный материал. Однако эффективность микроразмножения зависит от многих факторов, в том числе от фитогормонов. Цель работы – оценить влияние цитокининов 6-бензиламинопурина (6-БАП), кинетина и тиазурона (TDZ) на побегообразование и развитие подвоев Дружба, ПК СК 1 и ПКГ 18/3. Экспланты культивировали на среде Мурасиге и Скуга с добавлением 6-БАП (1,0 мг/л – эталон), кинетина (1,0-3,0 мг/л), TDZ (0,1-0,3 мг/л) и их комбинации (6-БАП 0,5 мг/л и TDZ 0,25 мг/л). Опыт проводили в 3 повторностях, в каждой не менее 15 эксплантов. Статистическую обработку данных выполняли с расчётом 95% доверительных интервалов и наименьшей существенной разности. Максимальный коэффициент размножения (5,5-7,9 побега на эксплант) обеспечил 6-БАП в концентрации 1,0 мг/л. При использовании кинетина (3,0 мг/л) число побегов составило 3,7-4,6 шт., что на 35-58% ниже эталона; TDZ (0,3 мг/л) дал 2,8-3,3 побега. Комбинация 6-БАП и TDZ показала синергетический эффект (4,6-6,5 побега), но уступала эталону на 9-19%. По длине микропобегов и количеству листьев лучшие результаты также получены на среде с 6-БАП 1,0 мг/л (2,1-2,3 см; 6,4-8,3 листа). Кинетин в высокой

концентрации (3,0 мг/л) обеспечил длину побегов 1,8-2,2 см и количество листьев 6,2-7,5 шт. Таким образом, для изученных подвоев наиболее эффективен 6-БАП в дозе 1,0 мг/л.

Clonal rootstocks are actively used for stone fruit crops, and clonal micropropagation may be effectively applied for their propagation. However, to achieve high micropropagation efficiency, optimal growing parameters for explants should be selected including nutrient medium composition and phytohormone concentrations. The research goal was to evaluate the effect of various cytokinins (6-BAP, kinetin, TDZ) on shoot formation of clonal stone fruit rootstocks PK SK 1, PKG 18/3, and Druzhba *in vitro*. The maximum multiplication rate (5.5–7.9 shoots per explant) was provided by 6-BAP at 1.0 mg L. With kinetin (3.0 mg L) the number of shoots was 3.7-4.6 which was by 35-58% lower than the control; TDZ (0.3 mg L) gave 2.8–3.3 shoots. The combination of 6-BAP (0.5 mg L) and TDZ (0.25 mg L) had a synergistic effect (4.6-6.5 shoots) but was by 9-19 % lower than the control. The best microshoot length (2.1-2.3 cm) and leaf number (6.4-8.3) were also obtained with 6-BAP 1.0 mg L. Kinetin at 3.0 mg L provided shoot length of 1.8-2.2 cm and leaf number of 6.2-7.5 approaching the control. Thus, for the studied rootstocks, 6-BAP at 1.0 mg L is the most effective, and kinetin may be recommended for the elongation stage before rooting.

Авакимян Анастасия Олеговна, мл. науч. сотр., ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», г. Краснодар, Российская Федерация, e-mail: n.avakimyan95@mail.ru.

Амосова Марина Александровна, к.с.-х.н., зав. лабораторией вирусологии, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», г. Краснодар, Российская Федерация, e-mail: marina_winter@mail.ru.

Avakimyan Anastasiya Olegovna, Junior Researcher, North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russian Federation, e-mail: n.avakimyan95@mail.ru.

Amosova Marina Aleksandrovna, Cand. Agr. Sci., Head, Virology Laboratory, North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russian Federation, e-mail: marina_winter@mail.ru.

Введение

Среди культур умеренного климата косточковые занимают второе место по площади насаждений и объему производства благодаря ранним срокам созревания, высокой пищевой ценности. В современном плодоводстве ключевое значение имеет правильный выбор сорто-подвойных комбинаций, поскольку подвои определяют силу роста, продуктивность и устойчивость деревьев к абиотическим и биотическим факторам среды [1].

Клоновые подвои обладают рядом преимуществ перед семенными, включая генетическую однородность и стабильность хозяйственно ценных признаков [1, 2]. Мировая селекция за последние 30-40 лет значительно продвинулась

в создании клоновых подвоев с высоким потенциалом [2]. Вегетативное размножение *in vitro* оздоровленного материала позволяет получать безвирусный, генетически однородный посадочный материал в промышленных масштабах. В Европе этот метод является основным для коммерческого производства подвоев плодовых культур [3]. Эффективность метода зависит от ряда факторов, включая генотипическую специфичность и сложность этапа укоренения, поэтому актуально совершенствование технологии микроразмножения с учетом сортовых особенностей [4, 5].

Ключевой этап размножения – мультипликация побегов, успех которой, помимо сортовых особенностей, определяется составом среды и

балансом фитогормонов, особенно цитокининов, стимулирующих деление клеток и образование боковых побегов [5-7]. Наиболее распространен 6-бензиламинопурин (6-БАП), но его оптимальные концентрации варьируют в зависимости от генотипа [7]. Например, для жимолости максимум побегообразования (3,43-4,23 побега/эксп.) получен при 6-БАП 1,5-2,0 мг/л, для сортов Павловская и Волхова – 2,80 и 3,90 при 1,5 мг/л [8]. Для абрикоса эффективна комбинация 6-БАП 1,5 мг/л с гиббереллиновой кислотой 0,5 мг/л (коэффициент размножения 2,6-3,0 побегов/эксп.) [9]. Для яблони максимальная пролиферативная активность отмечена при 6-БАП 2,0 мг/л [10].

Тиадиазурон (TDZ) – синтетический цитокинин, активный в минимальных концентрациях. Для жимолости синей применение TDZ в диапазоне 0,3-0,6 мг/л позволяет получать до 12 побегов на эксплант [8]. Для яблони оптимальной часто является концентрация около 0,2 мг/л, тогда как повышение до 0,3 мг/л приводит к снижению пролиферации [10]. Применение TDZ в двух последовательных пассажах нежелательно из-за риска витрификации и измельчения побегов [8, 10].

Кинетин, в отличие от 6-БАП и TDZ, реже используется как основной стимулятор пролиферации. Его влияние на увеличение числа регенерантов, как правило, менее выражено [10]. Однако кинетин может быть эффективен на других этапах микроразмножения: он положительно влияет на рост и элонгацию, а также может стимулировать корнеобразование, что важно для подготовки растений к укоренению и переносу в нестерильные условия [9, 11].

Поскольку реакция растений на регуляторы роста видоспецифична, протоколы микроразмножения требуют эмпирического подбора компонентов для каждого подвоя [12]. Для косточковых культур эта задача особенно актуальна ввиду их генетического разнообразия. Оптимизация состава питательной среды, включая выбор цитокинина и его концентрации, является ключевым фактором повышения эффективности клонального микроразмножения косточковых [13].

Цель работы – оценить влияние различных цитокининов (6-БАП, кинетин, TDZ) на эффективность побегообразования и развитие клоновых подвоев косточковых культур *in vitro*. В задачи исследования входит сравнительная оцен-

ка эффективности цитокининов на побегообразование трёх генотипов подвоев косточковых культур; влияние цитокининов на морфометрические показатели качества микропобегов: длину побегов и количество листьев; определение оптимального варианта, обеспечивающего эффективное размножение подвоев *in vitro*.

Объекты и методы

Объектами исследования являлись клоновые подвои для крупнокосточковых культур: подвой Дружба (*Prunus besseyi* × *Prunus armeniaca*; селекция Крымская ОСС ВИР), ПК СК 1 (*Prunus pumila* L. × *Prunus cerasifera* Ehrh. × *P. cerasifera* Ehrh.; селекция ФГБНУ СКФНЦСВВ, включена в Госреестр РФ в 2018 г.) и ПКГ 18/3 (*Prunus pumila* L. × *Prunus cerasifera* Ehrh.; гибридселекции ФГБНУ СКФНЦСВВ). Все подвои характеризуются адаптивностью к тяжелым и засоленным почвам и высокой зимостойкостью; подвой Дружба отличается устойчивостью к корневым гнилям и низким температурам, красной окраской корней и мощной мочковатой корневой системой [14-16].

Исследование проводили в лаборатории вирусологии в 2022-2024 гг. на базе биоресурсной коллекции Центра компетенций и приборной базы центра коллективного пользования ФГБНУ СКФНЦСВВ. При работе использовали общепринятые методики клонального микроразмножения для подвоев косточковых культур [17, 18]. Введение в культуру выполняли в период активного роста побегов (2-я декада мая). Исходный материал дезинфицировали по схеме: промывка в мыльном растворе, промывка под проточной водой в течение 30 мин., основная поверхностная обработка 0,5%-ным водным раствором натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты («ОКА-ТАБ»; активный компонент 86,8%) – 7 мин., с последующей 3-кратной промывкой в автоклавированной дистиллированной воде [19, 20]. Вычленили апикальные экспланты и помещали на агаризованную питательную среду Мурасиге и Скуга (МС) с 6-БАП 0,2 мг/л. Повторность опытов трёхкратная; в каждой повторности по 15 эксплантов. Экспланты культивировали при температуре 23-24°C, освещённости 3500 лк и световом режиме 16/8 ч.

На этапе мультипликации оценили влияние цитокининов: 6-бензиламинопурин (6-БАП; эталон) в концентрации 1,0 мг/л, кинетин (1,0; 2,0; 3,0 мг/л) и тиадиазурон (0,1; 0,2 и 0,3 мг/л). Так-

же оценили комбинированный вариант с 6-БАП 0,5 мг/л и TDZ 0,25 мг/л. Статистическую обработку данных проводили в Excel MS Office 2010 с расчётом 95% доверительных интервалов. Наименьшую существенную разность (НСР) принимали равной 0,5 по методике Бурлова [21].

Результаты и обсуждения

На этапе мультипликации побегов проведена сравнительная оценка эффективности использования различных цитокининов на побегообразование клоновых подвоев в культуре *in vitro*. Максимальный уровень побегообразования для изученных подвоев получен в варианте с 6-БАП, 1,0 мг/л. Количество побегов на эксплант составило 5,7-7,9 шт., что в 4,1-5,6 раза выше контроля и достоверно превышает показатели, полученные в других вариантах (табл. 1).

Среди других цитокининов лучшие результаты показал кинетин. Его эффективность возрастала с повышением концентрации: при 3,0 мг/л число побегов достигло 3,7-4,6 шт. в зависимо-

сти от генотипа, что в 2,2-3,1 раза выше, чем в контрольном варианте. Применение тидиазурина (0,1-0,3 мг/л) стимулировало побегообразование немного слабее. Максимальные значения побегообразования были в варианте 0,3 мг/л, число побегов составило 2,8-3,3 шт.

Комбинация 6-БАП (0,5 мг/л) и тидиазурина (0,25 мг/л) обладала синергическим действием: при двукратном снижении концентрации 6-БАП удалось сохранить достаточно высокий коэффициент размножения – в среднем 4,6-6,5 побега/эксп., близкий к эталонному варианту с 6-БАП 5,5-7,9 побегов/эксп. (табл. 1). При использовании данного варианта имеется возможность снизить риск витрификации, характерный для высоких доз 6-БАП [12], без потери продуктивности.

Важными показателями качества микропобегов являются их длина и количество сформированных листьев. Наибольшую элонгацию побегов до 2,1-2,3 см обеспечивал 6-БАП в концентрации 1,0 мг/л (табл. 2).

Таблица 1

Влияние цитокининов на побегообразование подвоев для косточковых культур

Фитогормоны	Среднее количество побегов с 1 экспланта, шт.		
	Дружба	ПК СК 1	ПКГ 18/3
Б/Г (контроль)	1,2	1,4	1,3
6-БАП 1,0 мг/л (эталон)	5,7	7,9	5,5
6-БАП, 0,5 мг/л + TDZ, 0,25 мг/л	4,6	6,5	5,0
Тидиазурон, 0,1 мг/л	1,7	2,0	2,2
Тидиазурон, 0,2 мг/л	2,3	2,7	2,6
Тидиазурон, 0,3 мг/л	2,8	3,3	3,1
Кинетин, 1,0 мг/л	1,9	2,5	2,3
Кинетин, 2,0 мг/л	2,8	3,4	3,1
Кинетин, 3,0 мг/л	3,7	4,6	4,2
НСР ₀₅	0,92	1,00	1,01

Таблица 2

Длина микропобегов подвоев для косточковых культур *in vitro* на средах с различными цитокининами

Цитокинин	Подвой	Дружба	ПК СК 1	ПКГ 18/3
Б/Г (контроль)		1,6	1,6	1,4
6-БАП, 1,0 (эталон)		2,1	2,3	1,9
6-БАП, 0,5 + тидиазурон, 0,25		1,8	2,0	1,6
Тидиазурон, 0,1		1,0	1,2	0,9
Тидиазурон, 0,2		1,2	1,4	1,1
Тидиазурон, 0,3		1,5	1,7	1,3
Кинетин, 1,0 мг/л		1,3	1,5	1,2
Кинетин, 2,0 мг/л		1,7	1,9	1,5
Кинетин, 3,0 мг/л		2,0	2,2	1,8
НСР ₀₅		0,95	0,92	0,91

При повышении концентрации кинетина длина побегов возрастала с 1,2-1,5 до 1,8-2,2 см, достигнув значений, близких к эталонному варианту (различия с 6-БАП не превышали 15%). Это указывает на то, что кинетин способен эффективно стимулировать элонгацию, что особенно ценно для генотипов, склонных к витрификации при использовании 6-БАП [11]. При использовании тидиазурина стимулирующего влияния на рост побегов в длину не отмечено: во всех вариантах его применения показатели оставались на уровне контроля 0,9-1,7 см и ниже (табл. 2). Данный эффект характерен для тидиазурина, который часто индуцирует образование компактных побегов и каллуса, подавляя линейный рост [12, 15].

Формирование листового аппарата микропобегов – важный показатель, влияющий на фотосинтетическую активность (табл. 3).

Наибольшее количество листьев 6,4-8,3 шт. сформировалось на среде с 6-БАП 1,0 мг/л. Кинетин в концентрации 3,0 мг/л обеспечил формирование в среднем 6,2-7,5 листьев на побег, что на 29-56% выше контроля, но статистически значимо уступало 6-БАП. Тидиазурон в концентрации 0,3 мг/л также способствовал приросту листьев, средние значения на 21-51% превышают контрольные, но уступают эталонному варианту. Только у подвоя ПК СК 1, TDZ в концентрации 0,3 мг/л в большей степени стимулировал образование листьев (до 7,1 шт/побег) – это на 14% ниже эталонного значения. Таким образом, отмечена некоторая генотипическая реакция на тидиазурон.

При использовании комбинации 6-БАП (0,5 мг/л) и тидиазурина (0,25 мг/л) листообразование побегов отмечено на уровне, близком к эталонному варианту. Среднее количество листьев варьировало от 6,1 до 7,8 шт.

Таблица 3

Среднее количество листьев у микропобегов подвоев крупнокосточковых культур in vitro

Цитокинин \ Подвой	Дружба	ПК СК 1	ПКГ 18/3
Б/Г (контроль)	4,3	4,7	4,8
6-БАП, 1,0 (эталон)	6,4	8,3	6,3
6-БАП, 0,5 + тидиазурон, 0,25	6,1	7,8	6,0
Тидиазурон, 0,1	4,4	6,0	4,7
Тидиазурон, 0,2	5,0	6,6	5,3
Тидиазурон, 0,3	5,6	7,1	5,8
Кинетин, 1,0 мг/л	4,0	5,2	4,2
Кинетин, 2,0 мг/л	5,2	6,5	5,4
Кинетин, 3,0 мг/л	6,2	7,5	6,0
НСР ₀₅	1,00	1,03	1,00

Заключение

В результате данного исследования установлено, что наибольший эффект на побегообразование подвоев косточковых культур обеспечивают цитокинин 6-БАП – 1,0 мг/л (5,5-7,9 побега на эксплант) и комбинация цитокининов с 6-БАП, 0,5 мг/л с тидиазурином, 0,25 мг/л (4,6-6,5 шт/эксп.), которая может использоваться для снижения риска витрификации. Кинетин уступает 6-БАП по побегообразованию, но в концентрации 3,0 мг/л эффективно стимулирует элонгацию микропобегов и образование листьев, поэтому может быть использован на этапе подготовки растений к укоренению, а также для снижения цитокининовой нагрузки от 6-БАП и профилактики витрификации побегов.

Библиографический список

1. Ling, J., Yu, W., Yang, L., et al. (2025). Rootstock Breeding of Stone Fruits Under Modern Cultivation Regime: Current Status and Perspectives. *Plants*, 14 (9), 1320. <https://doi.org/10.3390/plants14091320>.
2. Kumar, A., Rathore, J.P., Iqbal, U., et al. (2021). Rootstocks of Stone Fruit Crops. In: Mir, M.M., Iqbal, U., Mir, S.A. (eds) *Production Technology of Stone Fruits*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8920-1_5.
3. Sota, V., Wilms, H., Yucesan, B., et al. (2025). Challenges in the micropropagation of economically important fruit species in Europe. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 162. DOI: 10.1007/s11240-025-03165-5.

4. Abdalla, N., El-Ramady, H., Seliem, M. K., et al. (2022). An Academic and Technical Overview on Plant Micropropagation Challenges. *Horticulturae*, 8 (8), 677. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080677>.
5. Состояние изученности микрклонального размножения плодово-ягодных культур и винограда (обзор литературы) / Е. А. Собралиева, Д. О. Палаева, М. С. Батукаева, А. А. Батукаева. – Текст: непосредственный // Инновационная деятельность как фактор развития агропромышленного комплекса в современных условиях: сборник материалов II Международной научной конференции, посвящённой 75-летию ФГБНУ «Чеченский НИИСХ», Грозный, 28-29 февраля 2020 года. – Грозный, 2020. – С. 100-118.
6. Фитогормоны и абиотические стрессы (обзор) / Л. В. Чумикина, Л. И. Арабова, В. В. Колпакова, А. Ф. Топунов. – DOI 10.14258/jcprm.2021049196. – Текст: непосредственный // Химия растительного сырья. – 2021. – № 4. – С. 5-30.
7. Природные и синтетические цитокинины и их применение в биотехнологии, агрохимии и медицине / М. С. Ощепков, А. В. Калистратова, Е. М. Савельева [и др.]. – DOI 10.1070/RCR4932. – Текст: непосредственный // Успехи химии. – 2020. – Т. 89, № 8. – С. 787-810.
8. Колбанова, Е. В. Влияние фитогормонов в составе питательной среды на пролиферацию у растений-регенерантов сортов жимолости синей (*Lonicera caerulea* L. var. *Kamtschatica*) / Е. В. Колбанова. – Текст: непосредственный // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2020. – № 1. – С. 88-97.
9. Кобринец, Т. П. Корнесобственная культура абрикоса *in vitro* / Т. П. Кобринец, О. С. Иванова, Е. В. Поух. – Текст: непосредственный // Плодоводство. – 2018. – № 30. – С. 109-113.
10. Ташматова, Л. В. Влияние цитокининов на пролиферацию сортов яблони в культуре *in vitro* / Л. В. Ташматова, Т. М. Хромова, О. В. Мацнева. – Текст: непосредственный // Аграрный вестник Урала. – 2025. – № 5. – С. 769-778.
11. Тевфик, А. Ш. Влияние условий культивирования и гормонального состава питательной среды на микроразмножение *in vitro* тимьяна обыкновенного / А. Ш. Тевфик, Н. А. Егорова. – DOI 10.33952/2542-0720-2019-1-17-93-102. – Текст: непосредственный // Таврический вестник аграрной науки. – 2019. – № 1 (17). – С. 93-102.
12. Влияние регуляторов роста на размножение гибридных сортов княженики *in vitro* / Е. Н. Раева-Богословская, Н. Д. Орлова, А. С. Мирошниченко, О. И. Молканова. – DOI 10.36718/1819-4036-2024-12. – Текст: непосредственный // Вестник Красноярский государственный аграрный университет. – 2025. – № 12. – С. 43-49.
13. Маркова, М. Г. Оптимизация клонального микроразмножения косточковых культур / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова. – Текст: непосредственный // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – № 2. – С. 189-197.
14. Засухоустойчивость клоновых подвоев плодовых культур в условиях Оренбургской области / Е. З. Савин, И. В. Самохвалова, Н. А. Жамурина, В. А. Новиков. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (93). – С. 73-77.
15. Кузнецова, А. П. Клоновый подвой ПК СК 1 для крупноплодных косточковых культур / А. П. Кузнецова, Ю. А. Гнездилов; ФГБНУ СКФНЦСВВ. – URL: <https://www.kubansad.ru/content/pk-sk-1/> (дата обращения: 07.09.2022). – Текст: электронный.
16. Самусь, В. А. Изучение подвоев для сливы в различных эколого-географических зонах / В. А. Самусь, Н. Н. Драбудько, А. П. Кузнецова. – Текст: непосредственный // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2020. – № 64 (4). – С. 143-155.
17. Тимофеева, О. А. Клональное микроразмножение растений: учебно-методическое пособие / О. А. Тимофеева, Ю. Ю. Невмержицкая. – Казань: Казанский университет, 2012. – 56 с. – Текст: непосредственный.
18. Гендов, Н. Разработка технологического процесса микроразмножения районированных и перспективных в Республике Молдова клоновых подвоев семечковых культур: 411.06 «Плодоводство»: диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Гендов Наталья. – Кишинэу, 2025. – 173 с. – Текст: непосредственный.
19. Инструкция № 5/19 по применению дезинфицирующего средства «ОКА-ТАБ» / Л. С. Федорова, А. С. Белова, Г. П. Панкратова, С. В. Андреев. – Москва: ФБУН «НИИ дезинфектологии» Роспотребнадзора, ФГУН «ГНЦ при-

кладной микробиологии и биотехнологии», 2019. – 21 с. – Текст: непосредственный.

20. Авакимян, А. О. Оценка эффективности санирующих средств из различных химических классов при введении подвоев косточковых культур *in vitro* / А. О. Авакимян, М. А. Амосова, М. В. Карпушина. – Текст: непосредственный // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного университета. – 2024. – № 204. – С. 433–441.

21. Бурлова, С. П. Методика опытного дела: учебное пособие / С. П. Бурлова. – Иркутск: Иркутский ГАУ, 2022. – 108 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Ling, J., Yu, W., Yang, L., et al. (2025). Rootstock Breeding of Stone Fruits Under Modern Cultivation Regime: Current Status and Perspectives. *Plants*, 14 (9), 1320. <https://doi.org/10.3390/plants14091320>.

2. Kumar, A., Rathore, J.P., Iqbal, U., et al. (2021). Rootstocks of Stone Fruit Crops. In: Mir, M.M., Iqbal, U., Mir, S.A. (eds) *Production Technology of Stone Fruits*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8920-1_5.

3. Sota, V., Wilms, H., Yucesan, B., et al. (2025). Challenges in the micropropagation of economically important fruit species in Europe. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 162. DOI: 10.1007/s11240-025-03165-5.

4. Abdalla, N., El-Ramady, H., Seliem, M. K., et al. (2022). An Academic and Technical Overview on Plant Micropropagation Challenges. *Horticulturae*, 8 (8), 677. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080677>.

5. Sobralieva E.A., Palaeva D.O., Batukaeva M.S., Batukaeva A.A. Sostoyanie izuchennosti mikroklonalnogo razmnzheniya plodovoyagodnykh kultur i vinograda (obzor literatury) // Sbornik materialov II Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 75-letiyu FGBNU "Chechenskiy NIISKh". Groznyy, 2020. S. 100–118.

6. Chumikina L.V., Arabova L.I., Kolkpakhova V.V., Topunov A.F. Fitogormony i abioticheskie stressy (obzor) // Khimiya rastitelnogo syrya. 2021. No. 4. S. 5–30. DOI: 10.14258/jcprm.2021049196.

7. Oshchepkov M.S., Kalistratova A.V., Saveleva E.M., i dr. Prirodnye i sinteticheskie tsitokininy i ikh primeneniye v biotekhnologii, agrokhimii i meditsine // Uspekhi khimii. 2020. T. 89. No. 8. S. 787–810. DOI: 10.1070/RCR4932.

8. Kolbanova E.V. Vliyaniye fitogormonov v sostave pitatelnoy sredy na proliferatsiyu u rasteniy-regenerantov sortov zhimolosti siney (*Lonicera caerulea* L. var. *Kamtschatica*) // Vestsi Natsyyanalnay akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk. 2020. No. 1. S. 88–97.

9. Kobrinets T.P., Ivanova O.S., Poukh E.V. Kornesobstvennaya kultura abrikosa in vitro // Plodovodstvo. 2018. No. 30. S. 109–113.

10. Tashmatova L.V., Khromova T.M., Matsneva O.V. Vliyaniye tsitokininov na proliferatsiyu sortov yabloni v kulture in vitro // Agrarnyy vestnik Urala. 2025. No. 5. S. 769–778.

11. Tefvik A.Sh., Egorova N.A. Vliyaniye usloviy kultivirovaniya i gormonalnogo sostava pitatelnoy sredy na mikrorazmnzheniye in vitro timyana obyknovennogo // Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki. 2019. No. 1 (17). S. 93–102. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-93-102.

12. Raeva-Bogoslovskaya E.N., Orlova N.D., Miroshnichenko A.S., Molkanova O.I. Vliyaniye regulyatorov rosta na razmnzheniye gibridnykh sortov knyazheniki invitro // Vestnik KrasGAU. 2025. No. 12. S. 43–49. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12.

13. Markova M.G., Somova E.N. Optimizatsiya klonalnogo mikrorazmnzheniya kostochkovykh kultur // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2024. No. 2. S. 189–197.

14. Savin E.Z., Samokhvalova I.V., Zhamurina N.A., Novikov V.A. Zasukhoustoychivost klonovykh podvov plodovykh kultur v usloviyakh Orenburgskoy oblasti // Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2022. No. 1 (93). S. 73–77.

15. Kuznetsova A.P., Gnezdilov Yu.A. Klonovyy podvoy PK SK 1 dlya krupnoplodnykh kostochkovykh kultur [Elektronnyy resurs] // FGBNU SKFNTSSVV. URL: <https://www.kubansad.ru/content/pk-sk-1> (data obrashcheniya: 07.09.2022).

16. Samus V.A., Drabudko N.N., Kuznetsova A.P. Izuchenie podvov dlya slivy v razlichnykh ekologo-geograficheskikh zonakh // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2020. No. 64 (4). S. 143–155.

17. Timofeeva O.A., Nevmerzhitskaya Yu.Yu. Klonalnoemikrorazmnzheniye rasteniy: uchebno-metodicheskoe posobie. Kazan: Kazanskiy universitet, 2012. 56 s.

18. Gendov N. Razrabotka tekhnologicheskogo protsessa mikrorazmnzheniya rayonirovannykh i perspektivnykh v Respublike Moldova klonovykh podvov semechkovykh kultur: dis. ... d-ra s.-kh. nauk. Kishineu, 2025. 173 s.

19. Fedorova L.S., Belova A.S., Pankratova G.P., Andreev S.V. Instruktsiya No. 5/19 po primeniyu dezinfitsiruyushchego sredstva "OKA-TAB". Moskva: FBUN "NII dezinfektologii" Rospotrebnadzora, FGUN "GNTs prikladnoy mikrobiologii i biotekhnologii", 2019. 21 s.

20. Avakimyan A.O., Amosova M.A., Karpushina M.V. Otsenka effektivnosti saniruyushchikh

sredstv iz razlichnykh khimicheskikh klassov pri vvedenii podvov kostochkovykh kultur in vitro // Politematicheskii setevoy elektronnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2024. No. 204. S. 433–441.

21. Burlova S.P. Metodika opytного dela: ucheb. posobie. Irkutsk: Irkutskiy GAU, 2022. 108 s.



УДК 633.853.52:631.526:631.5(571.63)
DOI: 10.53083/1996-4277-2026-261-7-24-31

Н.С. Кочева, О.Н. Теличко
N.S. Kocheva, O.N. Telichko

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ НА ФОРМИРОВАНИЕ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ КЛУБЕНЬКОВ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН

EFFECTS OF SOYBEAN GROWING PRACTICES ON NITROGEN-FIXING NODULE DEVELOPMENT AND SEED CHEMICAL COMPOSITION

Ключевые слова: соя, технология, срок посева, норма высева, урожайность, клубеньки, количество, белок, масло.

Представлены результаты полевых исследований по изучению влияния технологии возделывания сои на развитие клубеньков и биохимический состав семян *Glycine max* L. Опыт проводился в условиях муссонного климата степной зоны Приморского края. Дальний Восток является одним из лидирующих регионов России по производству сои. В последнее время *G. max* стала привлекать все больше внимание не только как масличная культура, но и как овощная. В связи с появлением новых сортов возникла потребность в разработке технологий возделывания культуры для получения высококачественного урожая. Цель исследований – определить оптимальные элементы технологии возделывания сои овощного направления сорта Намуль, способствующие максимальному формированию азотфиксирующих клубеньков, а также накоплению в семенах белка и масла. В результате 2-летних исследований выявлено, что на образование клубеньков влияние оказывает не только технология возделывания, но и погодные условия. Выявлено, что в фазу 1-го тройчатого листа максимальное число клубеньков сформировалось в 2025 г. – 8-28 шт/га. Однако в этом году к фазе цветения их число увеличилось в зависимости от варианта опыта в 2,0-6,4 раза, а в 2024 г. – в 3,9-20,3 раза. При этом их масса в зависимости от года на начальном этапе развития составила 0,04-0,28 г, а в фазу цветения – 0,7-2,3 г. Определено, что высокому накоплению белка (45,2-45,7%) в семенах способствовали условия 2024 г. Максимальное со-

держание масла в семенах выявлено при широком нормальном посеве с нормой высева 550 тыс. шт/га в III декаде мая – 22,6% в 2025 г. В результате установлено, что уровень белка в семенах имеет среднюю положительную связь с числом клубеньков и их массой ($r=0,62$ и $r=0,51$ соответственно).

Keywords: soybean, technology, sowing time, seeding rate, yield, nodules, quantity, protein, oil.

The findings of a field study on the effects of soybean growing practices on nodule development and the biochemical composition of *Glycine max* L. seeds are discussed. The research was conducted under monsoon climatic conditions in the steppe zone of Primorye Region. The Far East region of Russia is a leading soybean-producing area in the country. Recently, *G. max* has attracted increasing attention not just as oil crop but as a vegetable crop. Due to the development of new varieties, advanced growing practices are required to ensure high-quality yield production. The research goal was to identify optimal growing practices for the vegetable-type soybean variety Namul that promoted maximum development of nitrogen-fixing nodules and the accumulation of protein and oil in seeds. The two-year study showed that nodule development was influenced not only by the growing practices but also by weather conditions. The highest nodule number at the first trifoliate leaf stage (8-28 nodules ha) was recorded in 2025. However, nodule number increased by the flowering stage 2.0-6.4 times depending on the experimental treatment in 2025, and 3.9-20.3 times in 2024. Depending on the year, nodule weight ranged from 0.04 to 0.28 g at the early growth stages and from 0.7 to 2.3 g at