

УДК 630*232:547.92

А. В. Бабков, аспирант (ГНУ «Институт леса НАН Беларуси»);
А. К. Пальченко, зам. директора по научной работе
(ГЛХУ «Двинская ЭЛБ Институт леса НАН Беларуси»);
М. И. Завадская, вед. науч. сотрудник
(ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси»)

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА «ЭПИН ПЛЮС» ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ САЖЕНЦЕВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ

Изучено влияние регулятора роста растений препарата «Эпин плюс» на основе фитогормона гомобрассинолида на рост и развитие саженцев ели европейской в уплотненной школе постоянного питомника ГЛХУ «Двинская экспериментальная лесная база ИЛ НАН Беларуси» в различные периоды посадки. Наибольший стимулирующий эффект на сохранность и выход стандартного посадочного материала ели европейской наблюдается в раннеосенний период закладки школьного отделения при замачивании корневых систем и двукратной обработке вегетирующих частей саженцев раствором препарата «Эпин плюс» в концентрации $2,5 \cdot 10^{-6}\%$ по д. в.

The effect of plant growth regulator «Epin plus» on the basis of phytohormone homobrassinolide on growth and development of Norway spruce in a dense permanent nursery of the State Silvicultural Enterprise «Dvina Experiment Station of the Forest Institute of NAS of Belarus». The most beneficial stimulating effect on conservation and yield of standard planting stock of Norway spruce is produced through damping of roots of the samplings in «Epin plus» solution at a concentration of $2,5 \cdot 10^{-6}\%$ a. i. and the double treatment of their aboveground parts with the same solution prior to establishing of the nursery in early autumn.

Введение. В настоящее время широко обсуждается проблема, какими должны быть леса будущего, поскольку именно сейчас, учитывая долговременность лесовыращивания, создается основа будущих лесов. Вместе с тем, важнейшей задачей на современном этапе является повышение эффективности ведения лесного хозяйства. В это понятие входят: его качественно новая организация, создание высокопродуктивных, устойчивых насаждений, создаваемых на селекционно-генетической основе [1].

Повышение продуктивности и качества выращиваемых лесов является главной задачей работников лесной отрасли в условиях перехода лесного хозяйства на самофинансирование. Одна из актуальных проблем лесного хозяйства – выращивание высококачественного посадочного материала в питомниках при ежегодно возрастающих объемах работ по лесовосстановлению, лесоразведению и зеленому строительству.

Одним из путей решения проблемы получения высококачественного посадочного материала является внедрение в существующую технологию его выращивания физиологически активных веществ – стимуляторов роста [2].

Цель исследований – сокращение сроков выращивания саженцев в школьном отделении и получение максимального количества стандартного посадочного материала с единицы площади.

Объекты исследований – сеянцы и саженцы ели европейской, обработанные регулятором роста растений – препаратом «Эпин плюс», действующим веществом которого является гомобрассинолид. Образец гомобрассинолида был получен в Институте биоорганической химии НАН Беларуси. Препарат проходит исследование с целью его регистрации.

«Эпин плюс» – фитогормон природного происхождения, относящийся к классу брассиностероидов. В 1979 г. в США был выделен из пыльцы рапса (*Brassica napus L.*) первый представитель этого ряда брассинолид [3], проявивший высокую ростостимулирующую активность. К настоящему времени из различных растительных источников выделено более 50 родственных соединений. Из них наиболее активными оказались брассинолид, эпибрассинолид и гомобрассинолид. В связи с их очень малым содержанием в растительном материале единственным надежным источником их получения для научных и практических целей является химический синтез из более доступного стероидного сырья [4].

Брассиностероиды (БС) характеризуются широким спектром физиологического действия на растения. Показано, что брассиностероиды влияют на морфогенез растений путем изменения уровня других эндогенных гормонов, оптимизируют гормональный баланс,

стимулируют биосинтез нуклеиновых кислот и белка, а также изменяют белковый спектр и аминокислотный состав синтезируемых белков, жирнокислотный состав и свойства мембран. Большое значение для растениеводства имеет увеличение фотосинтетического потенциала и активация переноса продуктов фотосинтеза. Применительно к целому растению физиологическое действие БС проявляется в стимуляции роста, улучшении фертильности, сокращении периода вегетативного роста, увеличении размера и числа плодов, улучшении пищевой ценности и качества плодов, повышении урожайности, увеличении устойчивости растений ко всем видам стресса [4].

Воздействие на растения экзогенных БС позволяет существенно уменьшить негативное влияние на них как абиотических (водный дефицит, засуха, температурный фактор), так и биотических (патогены, насекомые-вредители) стрессоров за счет повышения иммунного статуса растения. Поскольку аналогичный эффект может наблюдаться и при действии других фитогормонов, чей гормональный баланс зависит от брассиностероидного статуса растения, можно предположить, что реализация защитного эффекта БС осуществляется через индукцию широкого набора генов при существенном перекрестном взаимодействии путей гормонального сигналинга [4].

«Гисинар», представляющий собой полиэлектролитный гидрогель, полученный путем формирования поперечных связей между макромолекулами сополимера натриевой соли акриловой кислоты с акриламидом посредством воздействия ионизирующего излучения, является биотехническим средством, предназначенным для инкрустирования семян зерновых культур и обработки вегетирующих растений как самостоятельно, так и в составе защитно-стимулирующих составов (ЗСС). Гидрогель способствует сохранению влаги в почве в отсутствие регулярного полива, а также участвует в регулировании водного, воздушного и минерального режимов питания растений [5].

Минеральное удобрение «Басфолиар 12-4-6» – это жидкое многокомпонентное удобрение НРК для внекорневой подкормки с содержанием макро- и микроэлементов для общего применения. Дополнительно содержит магний и железо. Удобрения производятся фирмой «Адоб» (Польша) и поставляются в виде водных концентратов. Микроэлементы-металлы в новых удобрениях «Басфолиар» находятся в форме комплексных соединений типа хелатов. Комплексоны металлов микроэлементов обладают высокой биологической активностью,

что позволяет рассматривать их не только как соединения, обеспечивающие высокую доступность для растений микроэлементов, но и как одно из средств регулирования физиолого-биохимических процессов в растениях, способствующих повышению урожайности и качества растениеводческой продукции. Они обладают высокой устойчивостью в широком диапазоне рН, хорошо растворимы в воде и сочетаются с пестицидами, что обеспечивает технологичность их применения. Эти свойства комплексонов очень важны для восполнения дефицита различных микроэлементов в растениях при внекорневых подкормках в период вегетации.

Минеральное удобрение «Эколист РК-1» – фосфорно-калийный концентрат. Удобрение производится в Польше. Применяется при внесении небольших доз минеральных удобрений, а также при возникновении стрессовых ситуаций (холодная погода, высокая кислотность почвы, засуха), которые ограничивают поглощение питательных веществ.

Основная часть. В соответствии с методикой исследований по изучению закономерностей роста саженцев ели европейской в уплотненной школе под влиянием физиологически активных веществ и сокращения срока выращивания саженцев ели европейской в школьном отделении [6] в питомнике ГЛХУ «Двинская экспериментальная лесная база ИЛ НАН Беларуси» заложено школьное отделение 1,5-летними сеянцами ели европейской в первых декадах августа и сентября в 2008 и 2009 гг., а также 2-летними сеянцами в первой декаде мая в 2009 г.

С целью улучшения физико-механических свойств, активизации биохимических процессов в течение 2008 г. проводилась основная обработка почвы путем неоднократной вспашки, культивации и сбора камней. На зиму почва была вспахана на глубину 20 см. Весной после вспашки плугом ПЛН-3-35 в агрегате с трактором МТЗ-82 почва обрабатывалась машиной ротационной бесприводной МРБ-1,6 в агрегате с трактором МТЗ-82. Маркировка поля для посадки осуществлялась при помощи выравнителя-грядоделателя ВГ-3,6 в агрегате с трактором МТЗ-82. После подготовки почвы поле разбивалось на участки в соответствии с вариантами опытов.

Посадка 1,5-летних сеянцев ели европейской в уплотненную школу осуществлялась в первой декаде августа и сентября 2008 г.; 2-летних – весной 2009 г. Способ посадки – 4-строчный, ручной. Нарезка борозд осуществлялась агрегатом «Szparownik-WS» польской фирмы, расстояние между строчками – 25 см. Шаг посадки – 5 см, межленточное расстояние – 75 см.

Перед посадкой в уплотненную школу сеянцы сортировали, обрезали поврежденные корни и укорачивали корневую систему до 15 см для условий с достаточным увлажнением. После обрезки сеянцы увязывали в пучки по 50 шт. и замачивали на 14 часов в растворе регулятора роста «Эпин плюс» в концентрации $2,5 \cdot 10^{-6}\%$ по действующему веществу.

Рабочие растворы препаратов готовили непосредственно перед обработкой корневых систем сеянцев и вегетирующих частей саженцев при помощи дозаторов переменного объема. Контролем служили растения, которые обмакивали в торфяную болтушку.

Схема опытов на питомнике ГЛХУ «Двинская ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси» предусматривала следующие варианты посадки уплотненной школы: позднелетняя, раннеосенняя и весенняя.

Позднелетняя посадка:

- контроль;
- «Эпин плюс» ($2,5 \cdot 10^{-6}\%$ по д. в.).

Раннеосенняя посадка:

- контроль;
- Эпин плюс ($2,5 \cdot 10^{-6}\%$ по д. в.).

Весенняя посадка:

- контроль;
- «Эпин плюс» ($2,5 \cdot 10^{-6}\%$ по д. в.).

Обработка регулятором роста «Эпин плюс» и минеральными удобрениями с использованием 1%-ного полимерного пленкообразователя «Гисинар», школьного отделения закладки лета и осени 2008 г., а также весны 2009 г. проводили в периоды интенсивного роста и развития саженцев с соблюдением фенофаз растений. Для контроля служили саженцы ели, которые опрыскивали раствором минеральных удобрений.

Первая внекорневая обработка саженцев ели европейской проведена 21 мая в фазу линейного роста стволика растения 0,3%-ным раствором мочевины, а также регулятором роста «Эпин плюс» и полимерным пленкообразователем «Гисинар». Расход рабочего раствора – 60 мл/м².

Вторая внекорневая обработка саженцев ели европейской проведена 19 июня в начале фазы образования и роста боковых почек в период интенсивного потребления основных источников минерального питания. Обработка проводилась 0,5%-ным раствором жидкого минерального удобрения «Басфолиар 12-4-6» с добавлением регулятора роста «Эпин плюс» и полимерного пленкообразователя «Гисинар».

Третья внекорневая обработка саженцев ели европейской осуществлена 28 августа в фазе образования верхушечной почки в период перераспределения пластических веществ и интенсивного роста корневой системы. Обработка проводилась 0,5%-ным раствором жидкого минерального удобрения «Эколист

РК-1» с добавлением полимерного пленкообразователя «Гисинар».

Для опрыскивания растений минеральными удобрениями («Басфолиар 12-4-6», «Эколист РК-1»), регулятором роста («Эпин плюс») и полимерного пленкообразователя («Гисинар») применяли ручной опрыскиватель бразильской фирмы «Supremo». Опрыскивание осуществлялось в безветренную погоду в вечерние часы.

После проведения всех запланированных мероприятий в конце вегетационного периода из каждого варианта опыта методом случайной выборки отбирали по 50 шт. саженцев, измеряли высоту стволика, диаметр корневой шейки, длину корневой системы, абсолютно сухую биомассу и соотношение масс надземной и подземной частей растений. При температуре 105°C саженцы высушивали до абсолютно-сухого состояния, после чего проводили взвешивание.

Математико-статистическая обработка экспериментального материала: среднее значение, среднее квадратичное отклонение (дисперсия), точность опыта, достоверность среднего и различий между выборками – осуществлялась на персональном компьютере IBM PC при помощи стандартных пакетов прикладных программ: Microsoft Excel, Statistica V 6.0 (StatSoft) с использованием ряда методических разработок [7].

Увеличение выхода стандартного посадочного материала является одним из важнейших аспектов при совершенствовании агротехники выращивания и внедрении новых технологий.

В табл. 1 показано влияние регулятора роста «Эпин плюс» на сохранность и выход стандартного посадочного материала саженцев ели европейской в зависимости от сроков посадки в школьное отделение.

Следует отметить, что при использовании регулятора роста «Эпин плюс» в концентрации $2,5 \cdot 10^{-6}\%$ максимальный выход стандартного посадочного материала ели в 3-летнем возрасте составляет 59,3% (позднелетняя посадка), 62,7% (раннеосенняя посадка) и 37,3% (весенняя посадка). Таким образом, выход стандартного посадочного материала ели в варианте с раннеосенней посадкой выше почти в 2 раза по сравнению с контролем и составил 299,3 тыс. шт./га.

Анализируя средние показатели длины надземной (высота стволика) и подземной (длина корневой системы) частей и диаметра корневой шейки, можно сказать о широком спектре влияния регулятора роста, где присутствуют варианты с положительным и отрицательным результатами.

В табл. 2 показано влияние регулятора роста «Эпин плюс» на биометрические показатели саженцев ели европейской в зависимости от сроков посадки в школьное отделение.

Таблица 1

Влияние регулятора роста «Эпин плюс» на сохранность и выход стандартного посадочного материала саженцев ели европейской в зависимости от сроков посадки в школьное отделение

Вариант опыта	Сохранность посадочного материала, %	Выход стандартного посадочного материала, %	Выход стандартного посадочного материала, тыс. шт./га
Позднелетняя посадка (август 2008 г.)			
Контроль	74,7	39,8	158,4
«Эпин плюс» $2,5 \cdot 10^{-6}\%$	85,0	59,3	269,2
Раннеосенняя посадка (сентябрь 2008 г.)			
Контроль	80,5	32,7	140,4
«Эпин плюс» $2,5 \cdot 10^{-6}\%$	89,4	62,7	299,3
Весенняя посадка (май 2009 г.)			
Контроль	78,6	34,0	142,6
«Эпин плюс» $2,5 \cdot 10^{-6}\%$	87,6	37,3	174,3

Таблица 2

Влияние регулятора роста «Эпин плюс» на биометрические показатели саженцев ели европейской в зависимости от сроков посадки

Вариант опыта	Высота стволика, мм		Длина, мм ($M \pm m$)				Диаметр, мм	
	$M \pm m$	$t_{\text{факт}}$	корневой системы	$t_{\text{факт}}$	общая	$t_{\text{факт}}$	$M \pm m$	$t_{\text{факт}}$
Позднелетняя посадка (август 2008 г.)								
Контроль	$204,6 \pm 2,8$ 100,0	–	$345,1 \pm 7,3$ 100,0	–	$554,3 \pm 7,6$ 100,0	–	$3,79 \pm 0,05$ 100,0	–
«Эпин плюс» $2,5 \cdot 10^{-6}\%$	$213,0 \pm 3,0$ 104,1	2,05	$348,3 \pm 6,6$ 100,9	0,33	$561,3 \pm 7,0$ 101,3	0,68	$4,03 \pm 0,07$ 106,3	2,79
Раннеосенняя посадка (сентябрь 2008 г.)								
Контроль	$192,5 \pm 3,8$ 100,0	–	$315,3 \pm 6,3$ 100,0	–	$507,7 \pm 8,2$ 100,0	–	$3,90 \pm 0,07$ 100,0	–
«Эпин плюс» $2,5 \cdot 10^{-6}\%$	$248,8 \pm 5,0$ 129,2	8,97	$355,9 \pm 7,6$ 112,9	4,11	$604,7 \pm 9,7$ 119,1	7,64	$4,58 \pm 0,09$ 117,4	5,96
Весенняя посадка (май 2009 г.)								
Контроль	$213,2 \pm 4,7$ 100,0	–	$317,4 \pm 7,0$ 100,0	–	$530,6 \pm 8,9$ 100,0	–	$4,05 \pm 0,07$ 100,0	–
«Эпин плюс» $2,5 \cdot 10^{-6}\%$	$227,6 \pm 4,4$ 106,8	2,24	$308,6 \pm 7,2$ 97,2	0,88	$536,2 \pm 9,3$ 101,1	0,44	$4,00 \pm 0,09$ 98,8	0,44

Примечания: 1) здесь и далее M – среднееарифметическое значение признака; 2) m – ошибка среднееарифметическая; 3) $t_{\text{факт}}$ – вычисленный критерий Стьюдента; 4) в знаменателе процент относительно контроля; 5) стандартное значение коэффициентов Стьюдента: $t_{0,05} = 1,96$, $t_{0,01} = 2,58$.

Следует отметить, что использование данного препарата в варианте с раннеосенней посадкой приводит к достоверному увеличению высоты стволика на 29,2%, длины корней на 12,9%, а диаметр корневой шейки на 17,4% по сравнению с контролем. По техническим условиям Государственного комитета по лесному хозяйству СССР [8] 3-летние саженцы ели европейской соответствуют II сорту.

В табл. 3 показано влияние регулятора роста «Эпин плюс» на накопление биомассы са-

женцами ели европейской в зависимости от сроков посадки в школьное отделение.

Следует отметить, что в весенний период закладки школьного отделения саженцы развиваются хуже в отличие от позднелетней и раннеосенней, что обусловлено большим стрессом для растений. Так, при обработке саженцев ели наибольшее воздействие оказал «Эпин плюс» в концентрации $2,5 \cdot 10^{-6}\%$ в раннеосенний период посадки: масса хвои увеличилась на 41,4% и составила 198,17 г, стволиков – на 65,3% (220,44 г), корней – на 54,7% (206,77 г) при контроле 140,13 г, 133,34 г, 133,65 г.

Таблица 3

**Влияние регулятора роста «Эпин плюс» на накопление биомассы
саженцами ели европейской в зависимости от сроков посадки**

Вариант опыта	Масса 100 саженцев в абсолютно сухом состоянии, г						соотношение надземной и подземной частей
	хвои	$t_{\text{факт}}$	стволиков	$t_{\text{факт}}$	корневой системы	$t_{\text{факт}}$	
Позднелетняя посадка (август 2008 г.)							
Контроль	$\frac{151,67 \pm 1,74}{100,0}$	–	$\frac{168,78 \pm 9,28}{100,0}$	–	$\frac{187,65 \pm 14,98}{100,0}$	–	1,71
«Эпин плюс» $2,5 \cdot 10^{-6}\%$	$\frac{193,83 \pm 3,07}{127,8}$	11,94	$\frac{195,67 \pm 2,68}{115,9}$	2,78	$\frac{205,24 \pm 1,79}{109,4}$	1,17	1,90
Раннеосенняя посадка (сентябрь 2008 г.)							
Контроль	$\frac{140,13 \pm 7,55}{100,0}$	–	$\frac{133,34 \pm 19,96}{100,0}$	–	$\frac{133,65 \pm 3,42}{100,0}$	–	2,05
«Эпин плюс» $2,5 \cdot 10^{-6}\%$	$\frac{198,17 \pm 5,98}{141,4}$	6,03	$\frac{220,44 \pm 17,88}{165,3}$	3,25	$\frac{206,77 \pm 10,61}{154,7}$	6,56	2,03
Весенняя посадка (май 2009 г.)							
Контроль	$\frac{139,67 \pm 7,02}{100,0}$	–	$\frac{145,99 \pm 19,51}{100,0}$	–	$\frac{127,96 \pm 2,74}{100,0}$	–	2,23
«Эпин плюс» $2,5 \cdot 10^{-6}\%$	$\frac{139,37 \pm 3,24}{99,8}$	0,04	$\frac{148,29 \pm 5,71}{101,6}$	0,11	$\frac{139,88 \pm 11,06}{109,3}$	1,05	2,06

Примечания: 1) в знаменателе процент относительно контроля; 2) стандартное значение коэффициентов Стьюдента: $t_{0,05} = 4,30$, $t_{0,01} = 9,93$.

Заключение. Полевыми опытами по изучению влияния регулятора роста «Эпин плюс» на саженцы ели европейской раннеосеннего периода посадки установлено увеличение сохранности саженцев на 11,2% по сравнению с контролем, а выход стандартного посадочного материала увеличился почти в 2 раза и составил 299,3 тыс. шт./га.

Использование данного препарата приводит к достоверному увеличению высоты стволика на 29,2% (248,8 мм), длины корней на 12,9% (355,9 мм), а диаметр корневой шейки на 17,4% (4,58 мм) по сравнению с контролем при раннеосеннем периоде посадки.

Анализируя полученные результаты влияния регулятора роста «Эпин плюс» на накопление сухого вещества саженцами ели европейской, следует отметить, что раннеосенний период посадки уплотненной школы является наиболее благоприятным. Так, масса хвои составила 141,4%, стволиков – 165,3%, корневой системы – 154,7% по отношению к контролю.

Таким образом, раннеосенняя закладка уплотненной школы ели европейской с использованием препарата «Эпин плюс» в концентрации $2,5 \cdot 10^{-6}\%$ по д. в. позволяет увеличивать как процент сохранности и выход стандартного посадочного материала, так и показатели роста саженцев.

Литература

1. Лихолат, Т. В. Стимуляторы роста древесных растений / Т. В. Лихолат. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 240 с.

2. Методические рекомендации по применению стимуляторов роста «Фумар» при выращивании сеянцев ели европейской в лесных питомниках / ВНИИЛМ; сост. С. К. Пентелькин, Н. В. Пентелькина. – Пушкино, 2001. – 12 с.

3. Brassinolide, a plant-growth promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen / M. D. Grove [et al.] // Nature (London). – 1979. – V. 281. – P. 216–217.

4. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, В. А. Жабинский, Ф. А. Лахвич. – Минск: Наука и техника, 1993. – 287 с.

5. Привалов, Ф. И. Биологизация приемов в технологиях возделывания зерновых культур / Ф. И. Привалов; под ред. Л. П. Круля. – Несвиж: Несвиж. укр. тип. им. С. Будного, 2007. – 188 с.

6. Крук, Н. К. Искусственное восстановление и улучшение генофонда *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* (L.) Karst на базе селекционного семеноводства в условиях Белорусского Поозерья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / Н. К. Крук. – Гомель, 2002. – 23 с.

7. Василевич, В. И. Статистические методы в геоботанике / В. И. Василевич. – Л.: Наука, 1969. – 232 с.

8. Саженцы деревьев и кустарников. Технические условия: ГОСТ 24835-81. – Введ. 01.01.83. – М.: Гос. ком. СССР по лесн. хозяйству; Гос.ком СССР по стандартам, 1981. – 22 с.

Поступила 14.04.2010