

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ СОИ

G.A. Demidenko, S.V. Khizhnyak

THE INFLUENCE OF MINERAL SUBSTANCES ON MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF SOYBEAN SEEDLINGS

Демиденко Г.А. – д-р биол. наук, проф., зав. каф. ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: demidenkoechos@mail.ru

Хижняк С.В. – д-р с.-х. наук, проф. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: skhizhnyak@yandex.ru

Demidenko G.A. – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Chair of Landscape Architecture, Botany, Agroecology, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: demidenkoechos@mail.ru

Khizhnyak S.V. – Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. Email: skhizhnyak@yandex.ru

Соя – однолетнее растение, период вегетации которого зависит от условий произрастания. Являясь азотфиксатором, соя обогащает почву азотом и улучшает ее структуру. Представлены результаты положительного влияния минеральных веществ (раствора «Кнопа», азофоски и аммофоски) на морфологические параметры проростков сои северного экотипа (СибНИИК-315 и Светлая-4) на раннем этапе онтогенеза. Вегетационные лабораторные опыты для оценки влияния минеральных веществ на проростки сои проведены в 2014–2015 гг. Семена сортов сои хорошо прорастали на растворе «Кнопа» и аммофоски по сравнению с контролем. Наибольшей всхожестью обладают семена во втором варианте опыта – в растворе «Кнопа» (80–90 штук). Также высокая всхожесть семян наблюдается в четвертом варианте опыта – с применением удобрения аммофоски (78–80 штук). Азофоска является не только результативной минеральной «подкормкой» для семян сои, но и рентабельной. Раствор «Кнопа» является также высокорезультативным питательным раствором, но нерентабельным из-за дефицитных и дорогих его компонентов. Максимальная длина проростков наблюдается в четвертом варианте опыта – с использованием удобрения аммофоски (24,1–23,4 мм). Также высокая длина проростков семян наблюдается во втором варианте опыта – в

растворе «Кнопа» (20,1–22,3 мм). Ростковые характеристики 11-дневных проростков сои СибНИИК-315 и Светлая-4 показывают, что удаление калия из раствора «Кнопа» способствует лучшему прорастанию семян.

Ключевые слова: соя, семена, проростки, всхожесть, длина проростков, минеральные вещества, раствор «Кнопа», раствор «Кнопа» без калия, азофоска, аммофоска.

Soybean is an annual plant; the period of vegetation depends on the growth conditions. Being a nitrogen fixer, soybean enriches the soil with nitrogen and improves its structure. The results of positive influence of mineral substances (Knop solution, azofoska and ammofoska) on morphological parameters of soy seedlings of Northern ecotype (Sibnik-315 and Light-4) at an early stage of ontogenesis are presented. Vegetation laboratory experiments to assess the effect of mineral nutrients on seedling soybean were conducted in 2014–2015. The seeds of soybean varieties germinated well in the solution 'Knop' and ammofoska, compared to control. The highest germination rate the seeds had in the second variant – in the solution 'Knop' (80–90 units). High seed germination was observed in the fourth variant with the use of fertilizer ammofoska (78–80). Azofoska is not only effective mineral 'fertilizer' for soybean seeds, but also cost-effective. The solution 'Knop' is also highly effective nutrient solution, but not cost-

effective because of scarce and expensive components. The maximum length of sprouts was observed in the fourth variant – with the use of fertilizer ammofoska (24.1–23.4 mm). Also high length of the sprouted seeds was observed in the second variant – in the solution 'Кнопa' (20.1–22.3 mm). Growth characteristics and 11-day seedlings of soybean Sibnik-315 and Light-4 showed that the removal of potassium from solution 'Кнопa' promoted better seed germination.

Keywords: soybean, seeds, seedlings, germination, length of seedlings, minerals, solution 'Кнопa', solution 'Кнопa' without potassium, azofoska, ammofoska.

Введение. Соя – это зернобобовая культура. Используется в мировой практике для пищевых, кормовых и технологических целей. В семенах этой культуры находится до 17–25 % масла, до 30 % углеводов; а также до 35–40 % высококачественного по аминокислотному составу белка [1, 5, 8]. Состав аминокислот в белке сои позволяет заменить белки животного происхождения [2–4, 7, 10]. Ценным компонентом соевого зерна является масло, содержащее главные жирные кислоты [9]. Соевое зерно используется при переработке на масло, а шрот и жмых – как ценные высокобелковые добавки к комбикормам [10].

Велико агротехническое значение сои как азотфиксирующей культуры. В условиях оптимальной влажности она накапливает в почве 21–45 кг/га азота и является хорошим предшественником зерновых и других сельскохозяйственных культур.

Культурная соя произошла в результате гибридного смешивания нескольких ее диких форм, произрастающих в Китае и сейчас. В письменном сообщении, составленном 5 тысяч лет назад, отражена ритуальная церемония. Китайский император, объявляя начало сева, собственноручно проводил первую борозду и сеял главные культуры Китая, в том числе и сою.

С тех пор эта культура широко произрастает в странах Азии: Китае, Японии, Корее, Вьетнаме, Таиланде, Индии, Индонезии, Непале, Пакистане. Более короткая история у сои, исчисляемая несколькими столетиями, в странах Европы, Америки, Африки и Австралии.

В Россию соя «проникла» в Приамурье и Приморье из Китая в XVII веке. В 1886 г. издана первая монографическая работа по сое В.Н. Гиляровского «Китайский масличный горох» в Петербургском товариществе «Общественная польза». Селекционные и опытные работы с соей были начаты в 30-х годах XX века и продолжают до настоящего времени.

Цель исследования. Оценка влияния минеральных веществ на морфологические параметры проростков сои.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись проростки сои сортов СибНИИК-315 и Светлая-4 урожая 2013 года.

Сорт «СибНИИК-315» – белково-масличная культура зернового использования с максимальной урожайностью до 28 ц/га, применяется в Сибири. Сорт Светлая-4 относится к северному экотипу.

Семена этих сортов для вегетационных лабораторных опытов получены при сборе урожая сои в СПК «Миндерлинское», расположенном в Красноярской лесостепи.

Вегетационные лабораторные опыты для оценки влияния минеральных веществ на проростки сои (2014–2015 гг.) были проведены в инновационной лаборатории «Экологический мониторинг сельскохозяйственных и лесных культур» Института агроэкологических технологий при ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет».

Первый вегетационный лабораторный опыт. Семена сои выращивали в пластиковых емкостях объемом 0,2 л с использованием рулонных культур, при комнатной температуре, на хорошо освещенной солнечным светом поверхности. Трехкратная повторность по 100 штук семян. Время опыта – 14 дней. Удобрения азофоска и аммофоска были разведены в пропорции 25 г на 10 л воды.

Опыт закладывался в четырех вариантах.

Вариант 1 – вода без примесей (контроль).

Вариант 2 – раствор «Кнопa».

Вариант 3 – удобрение азофоска.

Вариант 4 – удобрение аммофоска.

Второй вегетационный лабораторный опыт. Семена сои выращивали в пластиковых емкостях объемом 0,2 л с использованием рулонных культур, при комнатной температуре и

дневном освещении. Трехкратная повторность по 100 штук семян. Время опыта – 11 дней.

Опыт закладывался в трех вариантах:

Вариант 1 – вода без примесей (контроль).

Вариант 2 – раствор «Кнопка».

Вариант 3 – раствор «Кнопка» без калия.

Статистическую обработку проводили стандартными методами с использованием пакета анализа MS Excel и StatSoft STATISTICA 6.0 [6].

Результаты исследования и их обсуждение. В результате *первого вегетационного опыта* получены данные по энергии прорастания семян сои сортов СибНИИК-315, Светлая-4 и динамике роста проростков в вариантах опыта (табл. 1).

Таблица 1

Энергия прорастания семян сои сортов СибНИИК-315, Светлая-4 (3-й день опыта)

Сорт	Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Отношение к контролю	Прибавка к контролю, процентных пунктов	Значимость различий с контролем*
СибНИИК-315	1	60,0	-	-	-
	2	84,7	1,41	24,7	<0,001
	3	67,0	1,12	7,0	<0,05
	4	74,3	1,24	14,3	<0,001
Светлая-4	1	57,0	-	-	-
	2	82,3	1,44	25,3	<0,001
	3	70,7	1,24	13,7	<0,001
	4	79,0	1,39	22,0	<0,001

*Значимость различий с контролем показана на основе точного критерия Фишера для таблиц 2х2.

Как видно из представленных данных (табл. 1), внесение минеральных добавок привело к статистически значимому повышению всхожести семян обоих сортов. Минимальная прибавка к контролю составила 1,1 раза (7 процентных пунктов), максимальная – 1,44 раза (25,3 процентных пункта). Для обоих сортов минимальную прибавку всхожести дало использование удобрения азофоски, максимальную – использование раствора «Кнопка». В реакции на применение аммофоски проявилась статистически значимая ($p < 0,05$) сортовая специфика – для сорта Светлая-4 прибавка всхожести составила 1,39 раза (22 процентных пункта), в то время как для сорта СибНИИК-315 – лишь 1,24 раза (14,3 процентных пункта).

Анализ роста проростков показал, что в интервале с 3-х по 14-е сутки он во всех вариантах опыта подчиняется логистической кривой вида

$$y = y_0 + \frac{L}{1 + e^{-kt}}$$

где y – средняя длина проростков; t – время; y_0 , L и k – константы.

После подбора параметров методом наименьших квадратов коэффициенты детерминации R^2 составили от 0,959 до 0,995, статистическая значимость уравнений регрессии составила от $p < 0,05$ до $p < 0,001$.

Для обоих сортов скорость роста в присутствии минеральных веществ была статистически значимо выше, чем в контроле. Наиболее активный рост наблюдался в растворе аммофоски. На 9-е сутки рост проростков в этом варианте превышал контроль на 46–47 %, а к концу эксперимента превышение составило 41 % для сорта СибНИИК-315 и 26 % для сорта Светлая-4 (рис. 2, табл. 2). На втором месте в качестве ускорителя роста для обоих сортов оказался раствор «Кнопка», на третьем – удобрение азофоска.

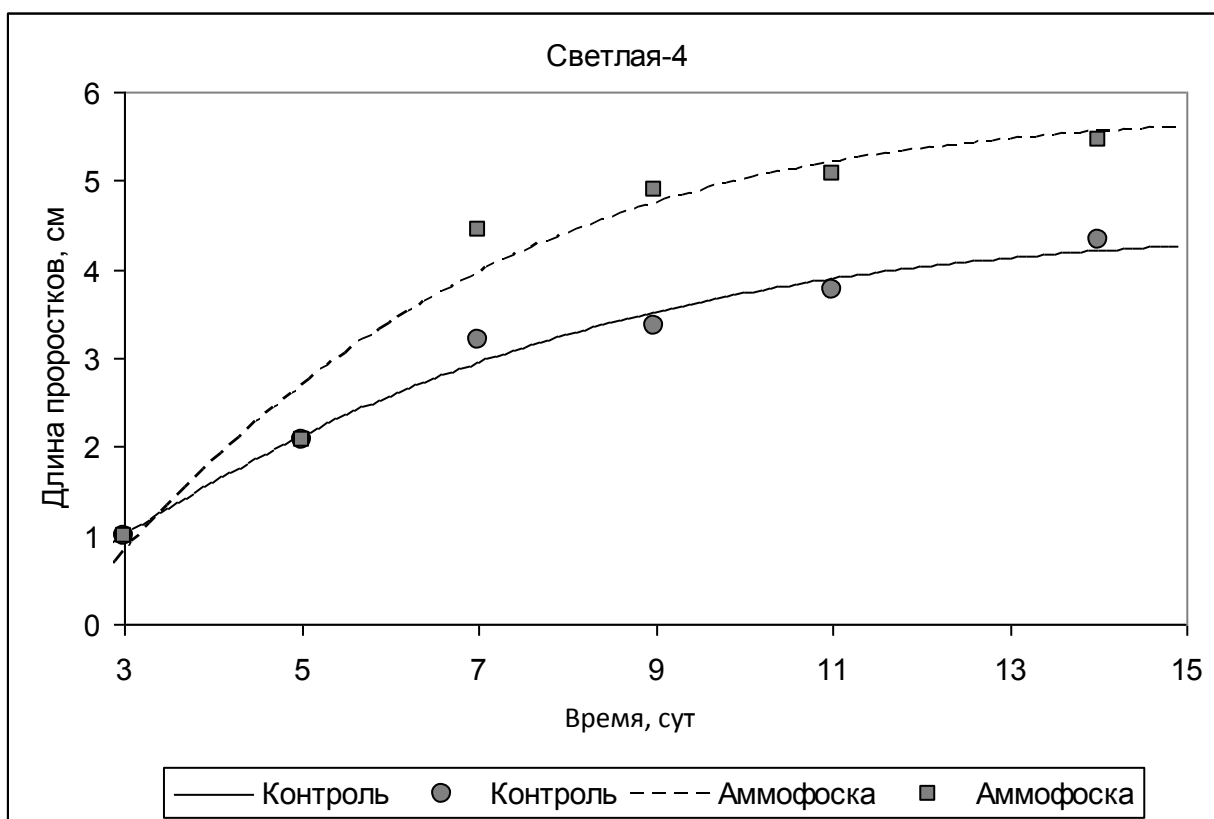
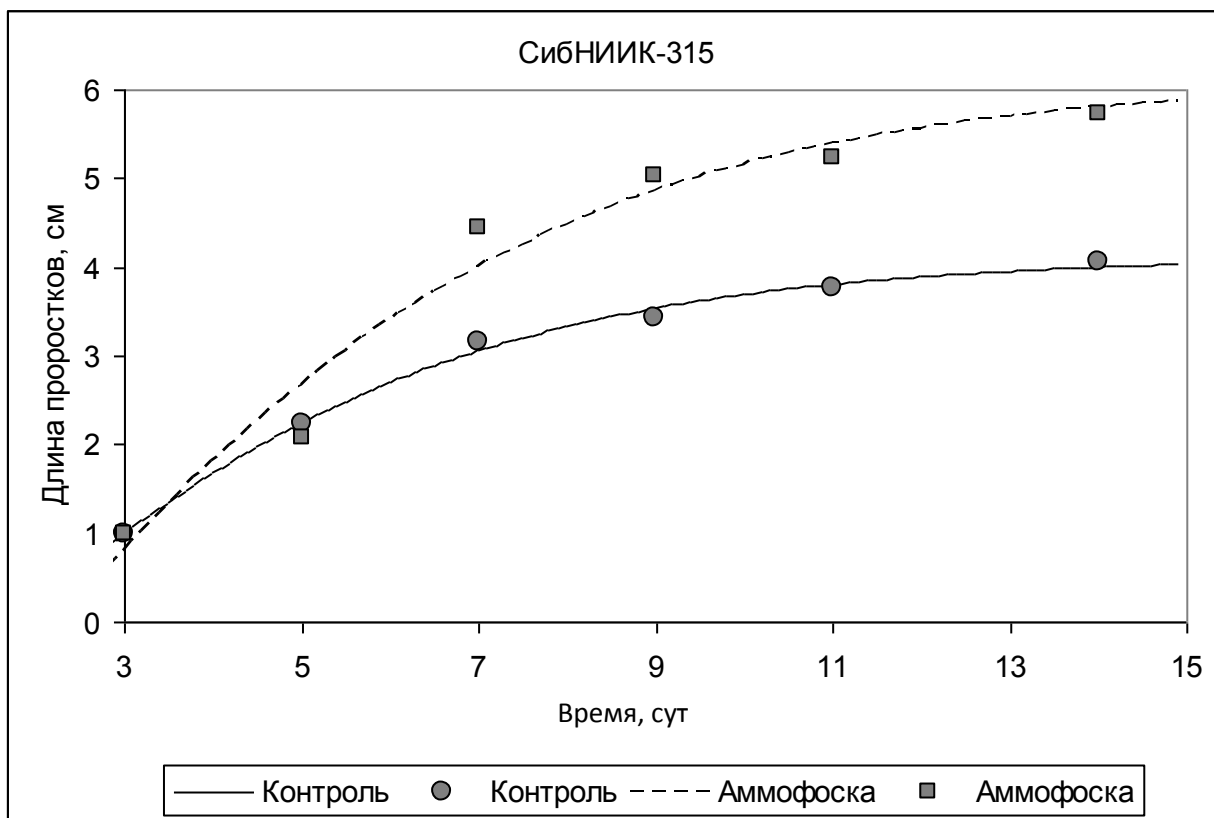


Рис. 1. Динамика изменения длины проростков сои сортов СибНИИК-315 и Светлая-4 в первом опыте в контроле и на фоне аммофоски. Точками показаны экспериментальные данные, линиями – теоретические кривые

Динамика роста проростков сои в присутствии минеральных веществ, отношение к контролю

Сорт	Вариант	Сутки						p*
		3	5	7	9	11	14	
СибНИИК-315	2	1,00	1,01	1,19	1,27	1,31	1,25	<0,05
	3	1,00	0,96	1,18	1,12	1,09	1,13	<0,05
	4	1,00	0,93	1,40	1,47	1,39	1,41	<0,05
Светлая-4	2	1,00	1,00	1,07	1,25	1,21	1,06	<0,05
	3	1,00	0,98	0,99	1,20	1,09	0,98	нет
	4	1,00	1,00	1,39	1,46	1,35	1,26	<0,05

* p – значимость различий с контролем по парному t-критерию.

Раствор «Кнопа» является благоприятной питательной средой с точки зрения минерального состава. Его использование затруднено из-за его нерентабельности. Компоненты раствора дорогие, например хлорид железа и сульфат магния, а некоторые не производятся. Использование доступных аналогов, таких как аммофоска и азофоска, при прорастании семян сои на начальной стадии онтогенеза может служить дешёвой альтернативой раствору «Кнопа». По результатам опытов очевидно, что при использовании удобрения аммофоски получают лучшие показатели благодаря наличию макро- и микроэлементов в ее составе.

В результате *второго вегетационного лабораторного опыта* были получены данные, показывающие изменения длины проростков и количества проросших семян сои под влиянием раствора «Кнопа» и раствора «Кнопа» без калия. Как и в первом опыте, минеральные вещества оказали стимулирующее влияние на рост проростков обоих сортов (рис. 2). Статистическая значимость ускорения роста на растворе «Кнопа» в сравнении с контролем по парному t-критерию для обоих сортов составила $p < 0,01$, статистическая значимость ускорения роста на растворе «Кнопа» без калия – $p = 0,001$. Для обо-

их сортов скорость роста на растворе «Кнопа» без калия была статистически значимо выше, чем на растворе «Кнопа» ($p < 0,05$).

Аналогичные результаты получены и для динамики прорастания семян. Для обоих сортов скорость прорастания была максимальной на растворе «Кнопа» без калия, минимальной – в контроле (рис. 3).

Различия между вариантами по динамике прорастания для сорта Светлая-4 статистически значимы на уровне $p < 0,01$. Для сорта СибНИИК-315 различия между контролем и растворами «Кнопа» с калием и без калия значимы на уровне $p < 0,01$, различия между раствором «Кнопа» и раствором «Кнопа» без калия – на уровне $p < 0,05$.

Кроме ускорения прорастания, раствор «Кнопа» и раствор «Кнопа» без калия повысили всхожесть семян. Для сорта СибНИИК-315 прибавка составила соответственно 4 и 9 процентных пунктов, для сорта Светлая-4 – 7 и 16. Статистическая значимость увеличения всхожести в сравнении с контролем на фоне раствора «Кнопа» без калия для сорта СибНИИК-315 составляет $p = 0,05$, для сорта Светлая-4 – $p < 0,01$.

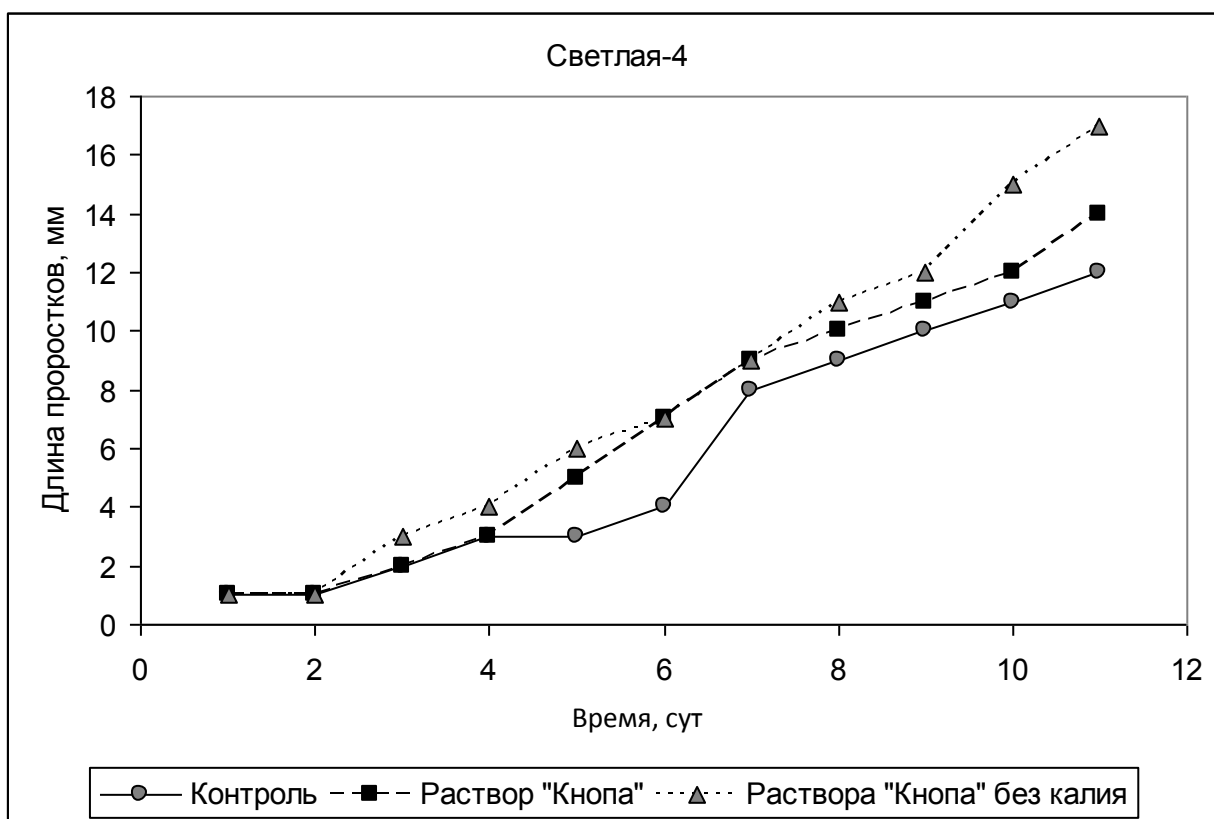
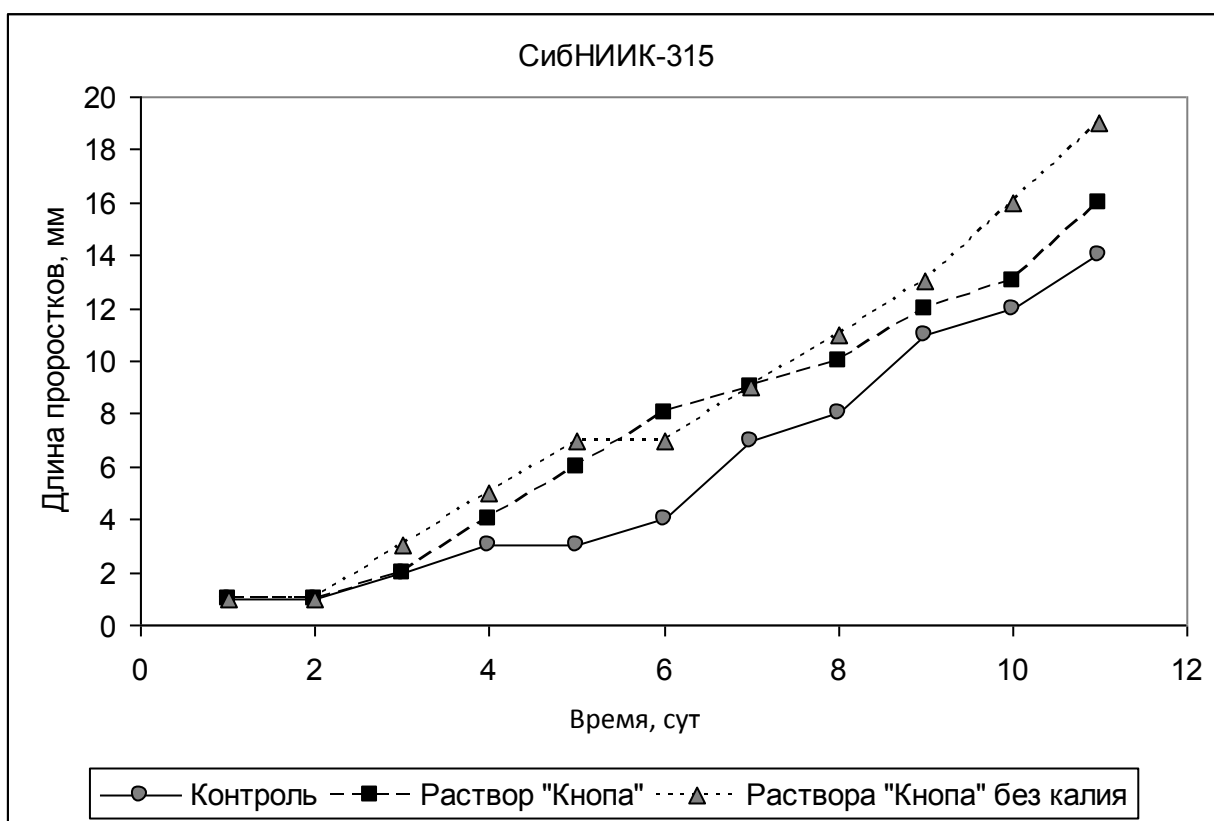


Рис. 2. Динамика изменения длины проростков сои сортов СибНИИК-315 и Светлая-4 во втором опыте

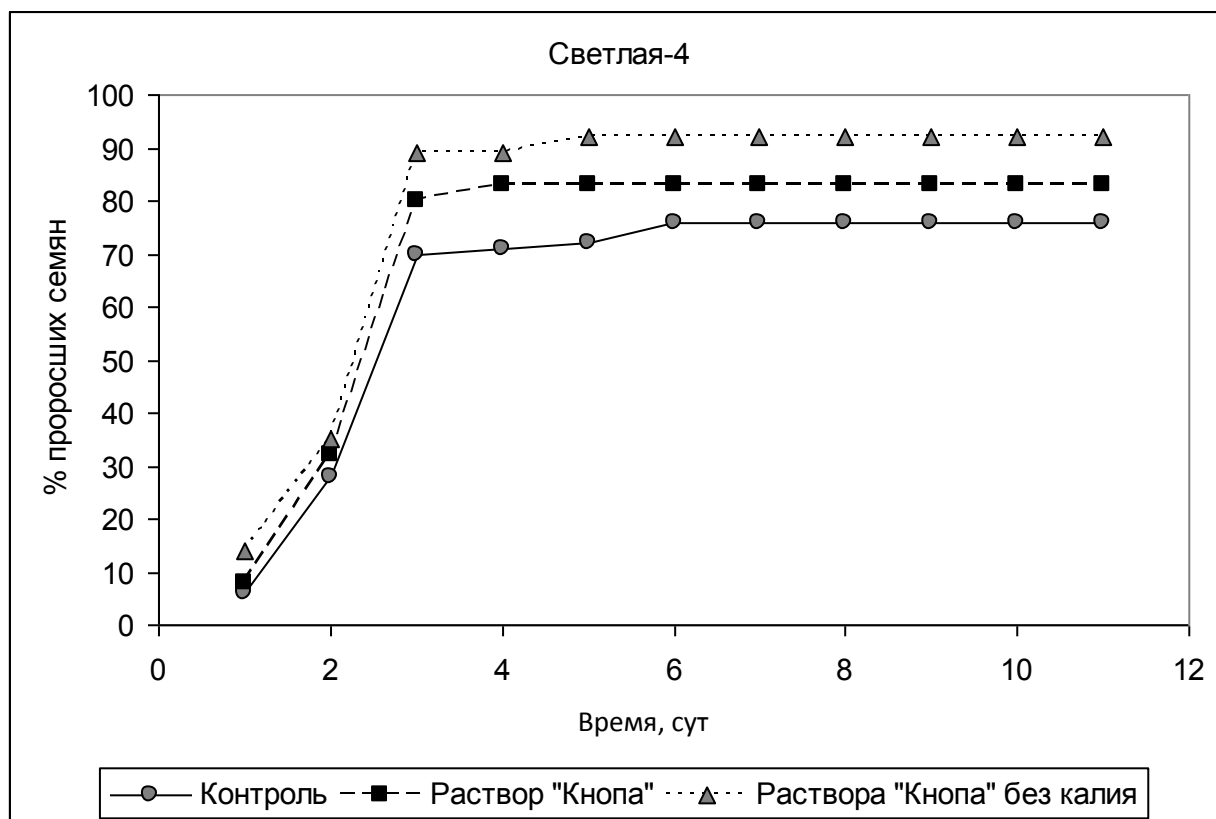
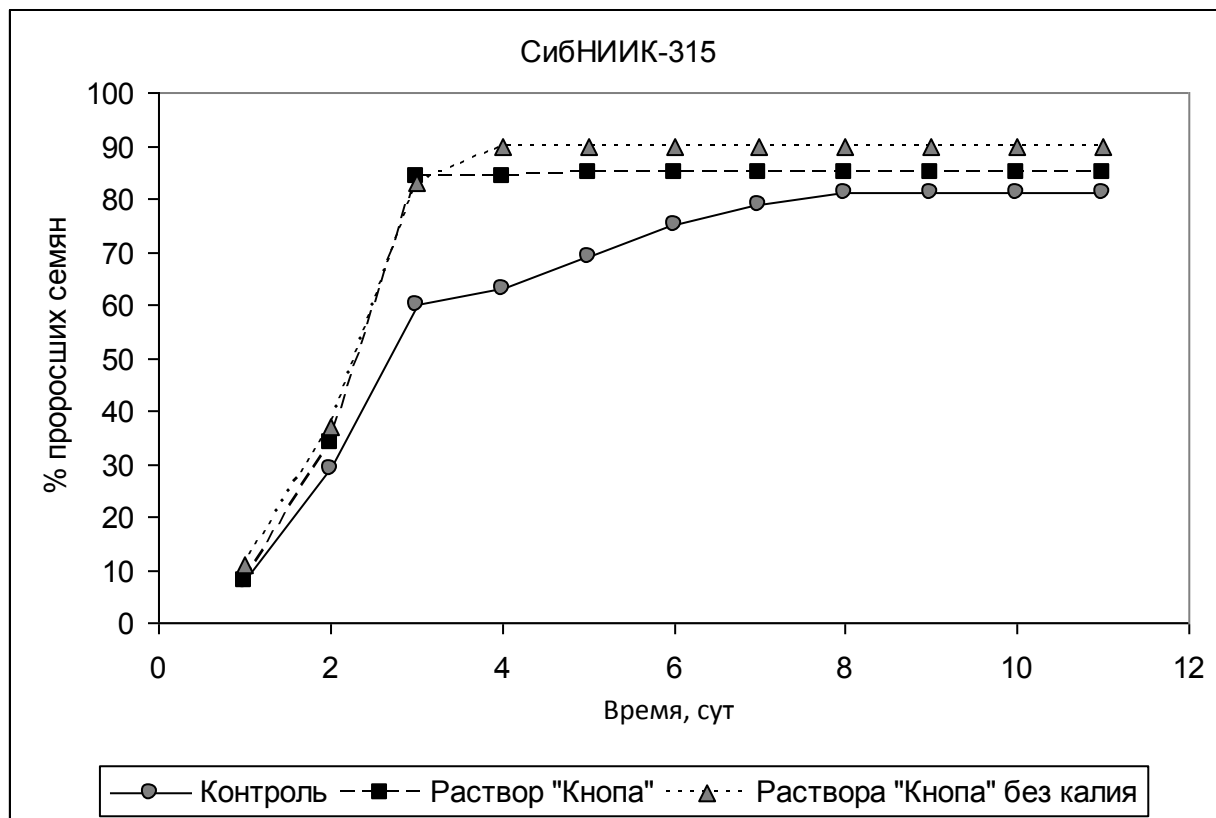


Рис. 3. Динамика прорастания семян сои сортов СибНИИК-315 и Светлая-4 во втором опыте

Заключение. Исследовано положительное влияние минеральных веществ (раствора «Кноп», азофоски и аммофоски) на морфологические параметры проростков сои северного экотипа (СибНИИК-315 и Светлая-4) на раннем этапе онтогенеза. Семена сортов сои хорошо прорастали на растворе «Кноп» и аммофоски по сравнению с контролем. Азофоска является не только результативной минеральной «подкормкой» для семян сои, но и рентабельной. Раствор «Кноп» является также высокорезультативным питательным раствором, но нерентабельным из-за дефицитных и дорогих его компонентов. Ростовые характеристики 11-дневных проростков сои СибНИИК-315 и Светлая-4 показывают, что удаление калия из раствора «Кноп» способствует лучшему прорастанию семян сои.

Литература

1. *Ведров Н.Г., Дмитриев В.Е., Халипский А.Н.* Сибирское растениеводство. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2002. – 216 с.
2. *Демиденко Г.А.* Влияние экологических факторов на формирование посевных качеств сои в Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 3. – С. 84–68.
3. *Доценко С.М.* Проблема дефицита белка и соя // Зерновое хозяйство. – 2002. – № 6. – С. 16–18.
4. *Келер В.В.* Экологические и сортовые особенности формирования технологических качеств яровой пшеницы в лесостепи Красноярского края. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2007. – 122 с.
5. *Мякушко Ю.П.* Соя. – М.: Колос, 1984. – 332 с.
6. *Поллард Дж.* Справочник по вычислительным методам статистики. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 344 с.
7. *Сентябрев А.А.* Соя – «антикризисная» культура // Земледелие. – 2010. – № 3. – С. 15–16.
8. *Сигаева Е.С.* Соя. – М.: Колос, 1981. – 197 с.
9. *Устюжанин А.П.* Стратегия развития соевого комплекса России // Земледелие. – 2010. – № 3. – С. 3–6.
10. *Шаскольский В.В., Шаскольская Н.Д.* Проростки – источники здоровья // Хлебопродукты. – 2005. – № 4. – С. 56–57.

Literatura

1. *Vedrov N.G., Dmitriev V.E., Halipskij A.N.* Sibirskoe rastenievodstvo. – Krasnojarsk: Izd-vo KrasGAU, 2002. – 216 s.
2. *Demidenko G.A.* Vlijanie jekologicheskikh faktorov na formirovanie posevnyh kachestv soi v Krasnojarskoj lesostepi // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 3. – S. 84–68.
3. *Docenko S.M.* Problema deficita belka i soja // Zernovoe hozjajstvo. – 2002. – № 6. – S. 16–18.
4. *Keler V.V.* Jekologicheskie i sortovye osobenosti formirovanija tehnologicheskikh kachestv jarovoj pshenicy v lesostepi Krasnojarskogo kraja. – Krasnojarsk: Izd-vo KrasGAU, 2007. – 122 s.
5. *Mjakushko Ju.P.* Soja. – M.: Kolos, 1984. – 332 s.
6. *Pollard Dzh.* Spravochnik po vychislitel'nym metodam statistiki. – M.: Finansy i statistika, 1982. – 344 s.
7. *Sentjabrev A.A.* Soja – «antikrizisnaja» kul'tura // Zemledelie. – 2010. – № 3. – S. 15–16.
8. *Sigaeva E.S.* Soja. – M.: Kolos, 1981. – 197 s.
9. *Ustjuzhanin A.P.* Strategija razvitija soevogo kompleksa Rossii // Zemledelie. – 2010. – № 3. – S. 3–6.
10. *Shaskol'skij V.V., Shaskol'skaja N.D.* Prorostki – istochniki zdorov'ja // Hleboprodukty. – 2005. – № 4. – S. 56–57.