

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИМИ СОСТАВАМИ С МИКРОУДОБРЕНИЯМИ

О. В. КЛОЧКОВА, В. В. ХОЛОДИНСКИЙ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160

(Поступила в редакцию 29.01.2021)

В статье приведены результаты лабораторного скрининга удобрений на основе аминокислот и микроудобрений на основе наночастиц кобальта, меди, марганца и железа (разработка ученых Научно-исследовательского института физико-органической химии НАН Беларуси) для предпосевной обработки семян люпина узколистного сорта Миртан. В опытах установлено, что все виды предпосевного замачивания семян в растворах микроудобрений стимулируют рост корневой системы. Длина и сырая масса корней по отношению к контролю достоверно увеличилась на 18,3–55,1 % и 19,3–58,5 % соответственно. При изучении влияния микроудобрений, внесенных в питательный раствор Кнопа, высота растений достоверно возросла на 7,7–14,5 %, а длина корневой системы – на 14,3–58,1 %. Введение микроэлементов и аминокислот в обменные процессы растительного организма на ранних этапах роста люпина узколистного оказывает достоверное положительное влияние на рост и развитие корневой системы люпина, а стимуляционные эффекты по надземной части растений, в большинстве случаев, носят недостоверный, но положительный характер.

В полевых условиях в защитно-стимулирующие составы для предпосевного обеззараживания семян протравителем МаксимXL вводились моно и комплексные микроудобрения марки «Наноплант» и удобрения Террасорб Комплекс, Фертигрейн Старт. Установлено, что обработка семян защитно-стимулирующими составами с удобрениями положительно влияет на рост и развитие люпина узколистного, повышает полевую всхожесть семян на 2,7–8,5 %, сохраняемость растений на 8,3–12,0 %, плотность растений в посевах на 14,0–20,0 % и урожайность зерна люпина на 5,1 ц/га или 22,4 %.

**Ключевые слова:** люпин узколистный, микроудобрения, защитно-стимулирующие составы, зерно, урожайность.

The article presents results of laboratory screening of fertilizers based on amino acids and micronutrient fertilizers based on nanoparticles of cobalt, copper, manganese and iron (developed by scientists of the Scientific Research Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus) for pre-sowing treatment of seeds of narrow-leaved lupine of the variety Mirtan. It was found in experiments that all types of pre-sowing soaking of seeds in solutions of micronutrient fertilizers stimulate the growth of the root system. The length and raw weight of roots in relation to the control significantly increased by 18.3–55.1 % and 19.3–58.5 %, respectively. When studying the effect of micronutrient fertilizers introduced into Knop's nutrient solution, the plant height significantly increased by 7.7–14.5 %, and the length of the root system – by 14.3–58.1 %. The introduction of trace elements and amino acids into the metabolic processes of plant organism at the early stages of growth of narrow-leaf lupine has a significant positive effect on the growth and development of the root system of lupine, and the stimulation effects on the aboveground part of plants, in most cases, are unreliable, but positive.

In the field, mono and complex micronutrient fertilizers of the Nanoplant brand and fertilizers Terrasorb Complex, Fertigrain Start were introduced into protective-stimulating compositions for pre-sowing disinfection of seeds with the MaximXL seed dressing agent. It has been established that the treatment of seeds with protective-stimulating compounds with fertilizers has a positive effect on the growth and development of narrow-leaf lupine, increases the field germination of seeds by 2.7–8.5 %, the survival rate of plants by 8.3–12.0 %, the density of plants in the crops by 14.0–20.0 % and the yield of lupine grain by 0.51 t / ha or 22.4 %.

**Key words:** narrow-leaved lupine, micronutrient fertilizers, protective and stimulating compounds, grain, productivity.

### Введение

Анализ лабораторных опытов показал, что при введении микроэлементов в обменные процессы растительного организма на ранних этапах роста люпина узколистного стимуляционные эффекты по надземной части растений в большинстве случаев носят недостоверный, но положительный характер. Однако достоверно положительное влияние изучаемых микроудобрений на рост и развитие корневой системы люпина показывает необходимость проведения исследований в полевых условиях.

Оценку влияния удобрений для предпосевной обработки семян на выживаемость и сохраняемость растений, показатели структуры урожайности и урожайность люпина проводили в полевых условиях на люпине узколистном сорте Першацвет в 2011–2014 гг. на полях Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию.

В технологический процесс возделывания люпина любые химические средства интенсификации, независимо от направления их использования, будь то гербициды, протравители, фунгициды, значительно снижают ростовые процессы у люпина и оказывают негативное влияние на количество и активность клубеньковых бактерий на корнях, угнетая способность культуры накапливать симбиотический азот в ризосфере.

Современные технологии показывают, что снять или уменьшить вредоносность пестицидов на культуру можно путем применения регуляторов роста, физиологически активных веществ и микроудобрений, оптимизируя метаболизм растений, начиная с самого раннего гетеротрофного периода питания. Самым распространенным и дешевым способом повышения адаптационных свойств культуры является использование в защитных составах для защиты семян и растений стимуляторов роста, микроэлементов и аминокислот [1, 2, 3].

Целью исследований являлась оценка влияния микроэлементов на основе металлов наночастиц кобальта (М-э Со), меди (М-э Сu), марганца (М-э Мn) и железа (М-э Fe) (разработка ученых Научно-исследовательского института физико-органической химии НАН Беларуси), а также аминокислотных препаратов Терра-сорб Комплекс, Фертигрейн Старт и Тубелак на показатели роста люпина узколистного при применении их в предпосевную подготовку семян.

#### **Основная часть**

В качестве предварительного метода оценки выбран экспресс-метод замачивания семян люпина в растворах микроудобрений. Семена помещали на двое суток для набухания в растворы микроэлементов и регулятора роста. Норму расхода микроэлементов выбрали из ранее полученных результатов лабораторных опытов в чашках Петри. Затем высаживали в емкости с водой по 15 растений в каждую в 6 повторностях. Параллельно был проведен опыт по выращиванию люпина на питательной среде Кнопа. Семена до появления корешков замачивали в воде, затем помещали в отверстия на крышке сосуда с питательной средой Кнопа + испытываемые компоненты. В обоих случаях через две недели растения извлекали из сосудов и проводили измерение длины и массы корней, а также высоты растений и их сырой массы.

В опытах установлено, что все виды предпосевного замачивания семян стимулируют рост корневой системы. Длина и сырая масса корней по отношению к контролю достоверно увеличилась на 18,3–55,1 % и 19,3–58,5 % соответственно. Среди изучаемых вариантов опыта выделился вариант, тормозящий рост растений люпина – М-э Сu, 0,25 мг/л. Возможно, для замачивания семян люпина данная концентрация металла завышена. Достоверное увеличение высоты растений люпина получено в варианте замачивания семян в растворе М-э Со – на 5,5 % и в растворе «Наноплант Со, Мn, Сu, Fe 0,25 мг/л + Тубелак, 50 мг/л» – на 16,5 %. В этих же вариантах отмечена и достоверно большая масса растений на 19,7 и 54,6 %. Во всех остальных вариантах опыта высота растений была в пределах высоты растений семена которых замачивали в воде (контроль): Наноплант Со, Мn, Сu, Fe 0,25 мг/л – +2,5 % к контролю и М-э Fe, 0,5 мг/л – + 1,0 % к контролю, или достоверно ниже контрольного варианта (М-э Сu, 0,25 мг/л – - 6,4 % и М-э Мn, 0,25 мг/л – -16,0 %). Но надо отметить, что масса растений в этих вариантах была выше контроля на 10,4–21,7 %, кроме варианта М-э Сu, 0,25 мг/л, где данный показатель, хоть и недостоверно, но был ниже на 12,4 %.

При изучении влияния микроудобрений, внесенных в питательный раствор Кнопа, на рост люпина узколистного результаты были схожи с опытом, где семена замачивались в растворах микроудобрений. Однако сбалансированный питательный раствор позволил более ярко проявиться стимуляционным свойствам изучаемых микроэлементов и аминокислотному препарату Тубелак. По всем вариантам опыта (кроме «М-э Сu») высота растений достоверно увеличилась на 7,7–14,5 %, а длина корневой системы – на 14,3–58,1 %. Рост зеленой части растений был более интенсивным в вариантах использования комплексного удобрения Наноплант Со, Мn, Сu, Fe и его совместного применения с аминокислотным препаратом Тубелак, в данных вариантах и масса наземной части и масса корневой системы были выше контроля на 12,1–17,9 % и 31,5–51,1 % соответственно.

Наибольший стимуляционный эффект в двух опытах обеспечили микроудобрения Наноплант Со, Мn, Сu, Fe и аминокислотное удобрение Тубелак: сырая масса растений увеличилась на 23,5–23,9 % и 23,5–48,9 % соответственно. Наибольшее влияние на массу растений оказали микроэлементы Со и Мn при замачивании семян в их растворах: +22,3 % и 25,2 % соответственно. Использование данных удобрений в питательном растворе обеспечило повышение массы растений на 5,1 и 8,7 % соответственно. Стабильно эффективным по влиянию на массу растений показало железо – прирост составил 11,8–13,7 %. Использование меди в норме расхода 0,25 г/л в обоих способах изучения эффективности привело к снижению общей массы растений на 13,9–15,6 %.

Анализ лабораторных опытов показал, что при введении микроэлементов в обменные процессы растительного организма на ранних этапах роста люпина узколистного стимуляционные эффекты по надземной части растений в большинстве случаев носят недостоверный, но положительный характер.

Однако достоверно положительное влияние изучаемых микроудобрений на рост и развитие корневой системы люпина показывает необходимость проведения исследований в полевых условиях.

Оценку влияния удобрений для предпосевной обработки семян на выживаемость и сохраняемость растений, показатели структуры урожайности и урожайность люпина проводили в полевых условиях на люпине узколистом сорте Першацвет в 2011–2014 гг. на полях Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию.

Для проведения полевых исследований разработчиками микроудобрения Наноплант были представлены следующие микроудобрения Наноплант Co, Mn, Cu, Fe (массовая доля микроэлементов 1,75 г/л, в том числе Co -0,36, Mn -0,36, Cu -0,43, Fe -0,60), Наноплант Mn, Наноплант Cu, Наноплант Co, Наноплант Fe (массовая доля микроэлементов 0,5 г/л). В качестве удобрения с аминокислотами в 2012 и 2013 году применяли Террасорб комплекс, в 2014 – Фертигрейн Старт.

При инкрустации семян расход комплексного препарата составил по  $\Sigma_{дв} = \sim 6,0$  г/т (Co  $\sim 1,25$  г/т + Mn  $\sim 1,25$  г/т + Cu  $\sim 1,5$  г/л + Fe  $\sim 2,0$  г/т). Расходы монопрепаратов: Нано Co  $\sim 1,25$  г/т; Нано Mn  $\sim 1,25$  г/т; Нано Cu  $\sim 1,5$  г/т; Нано Fe  $\sim 2,0$  г/т. Расход Террасорб комплекс и Фертигрейн Старт по препарату 1,25 л/т.

Полевая всхожесть семян, выживаемость и сохраняемость растений проводились методом учета растений на закрепленных площадках первой и третьей повторности по 0,48 м<sup>2</sup>. Структура урожайности определялась по общепринятой методике снопового анализа после ручной уборки всех растений на закрепленных площадках. Уборку посевов проводили методом прямого комбайнирования и учета урожайности поделочно с последующим пересчетом ее на 100 % чистоту и стандартную влажность (14 %).

Статистическая обработка данных проводилась методами дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [4] с помощью пакета программ, входящего в состав Microsoft Excel и с использованием компьютерной программы ANOVA.

Фенологические наблюдения в годы проведения исследований показали, что фазы развития растений по всем вариантам опыта наступали в одни сроки, и визуальных отличий по развитию и росту растений не наблюдалось. Установлено: протравитель Максим XL в норме расхода 1,0 л/т семян не оказывал негативного влияния на полевую всхожесть семян люпина узколистного, которая составила в среднем за три года 89,7 %. Введение в защитный состав препарата на основе аминокислот Террасорб комплекс в 2012 и 2013 году повысило полевую всхожесть на 15,0 и 7,5 % соответственно. Использование в качестве аминокислотного препарата удобрения Фертигрейн Старт не оказало значимого влияния на рассматриваемый показатель. В среднем за три года полевая всхожесть в данном варианте протравливания семян (Максим XL + аминокислотный препарат) повысилась на 8,5 % (табл. 1).

Таблица 1. Влияние микроудобрений в защитных составах для обработки семян люпина узколистного на их полевую всхожесть, %

Вариант	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее	± к фону	± к контролю
Контроль	82,0	95,0	84,0	87,0		
Максим XL – Фон	82,0	92,0	95,0*	89,7		2,7
Фон+Аминокислотные препараты	97,0*	99,5*	90,0*	95,5	5,8	8,5
Фон + Наноплант Co, Mn, Cu, Fe	90,0*	92,0	96,6*	92,9	3,1	5,9
Фон +Наноплант Mn	90,0*	91,0	88,0	89,7	–	2,7
Фон + Наноплант Cu	82,0	97,0*	92,0*	90,3	0,6	3,3
Фон + Наноплант Co	93,0*	96,5*	88,0	92,5	2,9	5,5
Фон + Наноплант Fe	92,0*	95,5	99,0*	95,8	5,8	8,5
Средняя по опыту	87,6	94,8	95,5			

*НСР<sub>05</sub>*

\*отклонения к контролю.

Использование при обработке семян Наноплант Cu, Наноплант Co, Наноплант Fe два года из трех достоверно изменяло полевую всхожесть относительно фонового варианта (Максим XL). Наноплант Co и Наноплант Fe повышали рассматриваемый показатель на 4,5–11,0 % и 5,0–10,0 % соответственно. Достоверное влияние Наноплант Cu и Наноплант Mn было значимым только в один год из трех. В среднем за три года баковая смесь Максим XL + Наноплант Mn повысило полевую всхожесть люпина узколистного на 2,7 %, а баковая смесь Максим XL + Наноплант Cu – на 3,3 %. Лучшими вариантами баковой смеси по влиянию на полевую всхожесть оказалась смесь Максим XL + Наноплант Fe (+8,5 % к контролю), Максим XL + Наноплант Co, Mn, Cu, Fe (+5,9 % к контролю) и Наноплант Co (+5,5 % к контролю).

Если полевая всхожесть люпина узколистного в годы исследований была достаточно высокой, в среднем по опыту 87,6–94,8 %, то сохраняемость растений в посеве по годам исследований отличалась значительно. В среднем по опыту в 2012 году сохраняемость составила 64,4 %, в 2013 году – 57,2 %, и самой высокой (85,1 %) была в 2014 году (табл. 2).

Влияние микроудобрений на данный показатель было более значимым, чем влияние на полевую всхожесть. Все изучаемые составы для предпосевной обработки семян повышали данный показатель относительно контроля в среднем за три года на 8,3–12,0 %, в то время, как протравитель Максим XL сохранял дополнительно 7,1 % растений. Наибольшее влияние на жизнеспособность растений оказали аминокислотные препараты Наноплант Mn (+ 5,7 % к контролю), Наноплант Fe (+8,6 %) и Наноплант Co, Mn, Cu, Fe (+ 13,6 %). Выживаемость люпина узколистного относительно контроля возросла на 5,0–13,6 %. Показатели выживаемости и сохраняемости растений объясняют повышение плотности растений в посеве. В среднем за три года по вариантам опыта рассматриваемый показатель относительно контроля повышался на 14,0–20,1 %.

Таблица 2. Влияние микроудобрений в защитных составах для обработки семян люпина узколистного на сохраняемость растений в посеве, %

Вариант	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее	± к фону	± к контролю
Контроль	55,0	46,5	77,5	59,7		
Максим XL - Фон	62,0*	54,8*	83,6	66,8		7,1
Фон+Аминокислотные препараты	68,0*	57,8*	87,0*	70,9	4,1	11,2
Фон + Наноплант Co, Mn, Cu, Fe	70,0*	60,8*	84,0*	71,6	4,8	11,9
Фон +Нано Mn	71,0*	60,0*	84,0*	71,7	4,9	12,0
Фон + Нано Cu	62,0*	55,5*	86,5*	68,0	1,2	8,3
Фон + Нано Co	62,0*	60,0*	85,0*	69,0	2,2	9,3
Средняя по опыту	64,4	57,2	85,1*	68,9		

*HCP<sub>05</sub>*

4,6      7,1      6,2

\*отклонения к контролю.

Средняя урожайность люпина в опыте составила 27,0 ц/га, в том числе, в 2012 году – 25,7 ц/га, в 2013 – 23,0, в 2014 – 32,5 ц/га. Надо отметить, что в случае посева непротравленными семенами урожайность в годы исследований составила соответственно 20,3; 18,6 и 29,4 ц/га. Обработка семян защитно-стимулирующими составами в среднем за годы исследований позволили получить дополнительно 5,1 ц/га или 22,4% зерна люпина (табл. 3).

Таблица 3. Влияние обработки семян защитно-стимулирующими составами с микроудобрениями на урожайность люпина узколистного

Вариант	Урожайность, ц/га											
	2012 г.	± к фону, ц/га	± к фону, %	2013 г.	± к фону, ц/га	± к фону, %	2014 г.	± к фону, ц/га	± к фону, %	Среднее	± к фону, ц/га	± к фону, %
Контроль	20,3			18,6			29,4			22,8		
Максим XL - Фон	24,2			21,2			30,6			25,3		
Фон+Аминокислотные удобрения	25,8	1,6	6,6	23,8**	2,6	12,3	34,5**	3,9	12,7	28,0	2,7	10,7
Фон + Наноплант Co, Mn, Cu, Fe	28,2**	4,0	16,5	24,1**	2,9	13,7	33,4	2,8	9,2	28,6	3,3	13,0
Фон +Нано Mn	25,9	1,9	7,0	23,9**	2,7	12,7	38,4**	7,8	25,5	29,4	4,1	16,2
Фон + Нано Cu	26,5**	2,3	9,5	25,0**	3,8	17,9	32,6	2,0	6,5	28,0	2,7	10,7
Фон + Нано Co	27,9**	3,7	15,3	24,9**	3,7	17,5	32,5	1,9	6,2	28,4	3,1	12,3
Фон + Нано Fe	26,8**	2,6	10,7	22,2	1,0	4,7	28,3	-2,3	-7,6	25,8	0,5	2,0
Среднее по опыту	25,7			23,0			32,5			27,0		
Среднее по вариантам баковых обработок	26,8	6,5*	32,0*	23,6	5,0*	26,9*	33,3	3,9*	13,3*	27,9	5,1*	22,4*
<i>HCP<sub>05</sub></i>	2,1			2,4			3,0					

\*отклонения к контролю;

\*\*достоверное отклонение к фону.

В 2012 году обработка составами в среднем по опыту обеспечила получение 6,5 ц/га или 32,0 % зерна. Введение в фунгицидный состав микроэлементов повышало урожайность на 1,9–4,0 ц/га: достоверно при применении Наноплант Co, Mn, Cu, Fe – на 4,0 ц/га (16,5 %), Наноплант Co – на 3,7 ц/га (15,3 %), Наноплант Fe – на 2,6 ц/га (10,7 %), Наноплант Cu – на 2,3 ц/га (9,5 %). Использование в текущем году Наноплант Mn и Терра-сорб Комплекс достоверно на урожайность не влияло.

В 2013 году обработка составами в среднем по опыту позволила получить дополнительно 5,0 ц/га или 26,9 % зерна. Введение в фунгицидный состав микроэлементов повышало урожайность на 1,0–3,8 ц/га: достоверно при применении Наноплант Со, Мп, Сu, Fe – на 2,9 ц/га (13,7 %), Наноплант Со – на 3,7 ц/га (17,5 %), Наноплант Мп – на 2,7 ц/га (12,7 %), Наноплант Сu – на 3,8 ц/га (17,9 %), Терра-сорб Комплекс – на 2,6 ц/га (12,3 %). Наноплант Fe не оказывал достоверного влияния на урожайность люпина узколистного.

Эффективность микроудобрений в 2014 году было наименьшим: в среднем по опыту прирост урожайности зерна составил 3,9 ц/га или 13,3 %. Достоверно повысило урожайность применение Наноплант Мп – на 7,8 ц/га (25,5 %) и аминокислотного удобрения Фертигрейн Старт – на 3,9 ц/га (12,7 %). Влияние остальных удобрений на формирование урожайности находилось в пределах ошибки опыта.

Как видно из представленных данных, наибольшую прибавку относительно контрольного варианта обеспечили защитно-стимулирующие составы на основе протравителя и Наноплант марганца – + 4,1 ц/га (16,2 %). Примерно равное влияние в среднем за три года показали Наноплант Со и Наноплант комплексный – 3,1–3,3 ц/га. Наноплант медь и аминокислотные удобрения повысили урожайность культуры на 2,7 ц/га или 10,7 %.

### **Заключение**

1. Обработка семян защитно-стимулирующими составами с удобрениями в среднем за годы исследований позволили получить дополнительно 5,1 ц/га, или 22,4 % зерна люпина.

2. Эффективность удобрений по годам исследований значительно отличалась и, видимо, зависела от обеспеченности почв элементами питания и складывающихся условий вегетации:

– удобрения на основе аминокислот два года из трех повышали урожайность люпина узколистного на 12,3–12,7 %, в среднем за годы исследований прибавка к варианту обработки семян протравителем МаксимXL составила 2,7 ц/га (10,7 %).

– введение в фунгицидный состав Наноплант Со, Мп, Сu, Fe повышало урожайность в годы исследований на 9,2–16,5 %, в среднем за три года – на 3,3 ц/га, или 13,0 %.

– использование в защитном составе Наноплант Мп повышало урожайность в годы исследований на 7,0–25,5 %, в среднем за три года – на 4,1 ц/га, или 16,2 %.

– эффективность удобрения Наноплант Сu по годам исследований было менее значимой: рост урожайности составил от 6,5 до 17,9 %, в среднем за три года – 2,7 ц/га (10,7 %).

– применение Наноплант Со повышало урожайность в годы исследований на 6,2–17,5 %, в среднем за три года на 3,1 ц/га, или 12,3 %.

3. Рост урожайности, обеспеченный защитно-стимулирующими составами, происходил за счет повышения полевой всхожести семян на 2,7–8,5 %, сохранности растений в посеве на 8,3–12,0 % и продуктивной плотности растений в посеве на 14,0–20,0 %, что в свою очередь можно объяснить положительным влиянием микроудобрений на рост и развитие корневой системы.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Привалов Ф. И. Роль микроэлементов в предпосевной подготовке семян / Ф. И. Привалов // Земляробства і ахова раслін. 2009. – №2. – С. 10–12.

2. Бруй, И. Г. Нанозащита от стрессов / И. Г. Бруй, С. Азизбеян, В. Домаш // Наше сельское хозяйство. 2018. – №7. – С. 58–61.

3. Персикова, Т. Ф. Влияние микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на показатели структуры урожайности люпина узколистного / Т. Ф. Персикова, М. Л. Радкевич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии: научно-методический журнал. – 2017. – № 2. – С. 37–40.

4. Радкевич, М. Л. Эффективность различных форм микроэлементов в предпосевной обработке семян люпина узколистного / М. Л. Радкевич // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : сборник научных трудов : посвящается памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР, академика МАЭП И РАВН Якова Васильевича Бочкарева / Российская академия сельскохозяйственных наук, «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», Мещерский филиал, Российское общество почвоведов имени В. В. Докучаева, Рязанское отделение. – Рязань, 2011. – Вып. 9. – С. 611–613.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.