

Динамика структурного состава и продуктивности лофанта тибетского под влиянием различных видов минеральных удобрений

М. Ю. Карпухин[✉], А. В. Абрамчук¹, С. Е. Сапарклычева¹

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

[✉]E-mail: mkarpuhin@yandex.ru

Аннотация. Данное исследование проводилось на коллекционном участке лекарственных растений Уральского государственного аграрного университета, расположенном в Белоярском районе Свердловской области. Почва на опытном участке – чернозём оподзоленный тяжелосуглинистый. Реакция среды близка к нейтральной (рН 6,5). **Цель исследования** – определить влияние различных видов минеральных удобрений на структуру и продуктивность надземной биомассы лофанта тибетского. В **задачи исследования** входило изучение влияния удобрений на высоту и среднесуточный прирост, биометрические характеристики соцветий; структуру и продуктивность лекарственного сырья; семенную продуктивность. **Методы исследования.** В опыте использовался подзимний посев семян в открытый грунт (конец сентября – начало октября). Посев широкорядный (25×35 см). В схему опыта включены 5 вариантов, которые различались по видам минеральных удобрений: I вариант – без удобрений (контроль); II – N₆₀; III – P₆₀; IV – K₆₀; V – N₆₀ P₆₀ K₆₀. **Результаты.** В вариантах, где вносили минеральные удобрения, отмечен рост всех параметров лофанта тибетского, но лучшие результаты получены в V варианте: средняя высота растений была на уровне 103 см; среднесуточный прирост варьировался от 0,43 до 2,57 см; сформировано максимальное количество соцветий – 49 шт. (в среднем на 1 растение), что положительно повлияло на структуру лекарственного сырья, в составе которого довольно высокая доля соцветий – 17,0–18,2 %; продуктивность надземной биомассы (в среднем за 2 года исследования) составила 26,2 т/га; семенная продуктивность колебалась от 53,6 (10.09.2019) до 57,3 г/м² (25.09.2019). **Научная новизна.** Впервые в условиях Среднего Урала изучено влияние минеральных удобрений на важнейшие аспекты роста и развития лофанта тибетского. Установлен лучший вариант, в котором лофант обеспечил высокую продуктивность с оптимальной структурой лекарственного сырья (V вариант – N₆₀ P₆₀ K₆₀).

Ключевые слова: лофант тибетский, минеральные удобрения, надземная биомасса, продуктивность, структурный состав.

Для цитирования: Карпухин М. Ю., Абрамчук А. В., Сапарклычева С. Е. Динамика структурного состава и продуктивности лофанта тибетского под влиянием различных видов минеральных удобрений // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 17–25. DOI: ...

Дата поступления статьи: 20.07.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Применение растений при различных заболеваниях имеет возраст, сравнимый с историей человечества. Одна из главных причин популярности растительных лекарственных средств в том, что в них содержатся компоненты, снижающие риск нежелательных побочных действий на организм [1, с. 3]. В настоящее время в РФ культивируется около 60 видов растений, используемых в медицинской практике. Наряду с изучением уже известных лекарственных растений, не менее актуальны исследования, направленные на поиск перспективных видов для использования их в различных отраслях народного хозяйства, а также работы по введению их в культуру. Особенно востребованы растения, содержащие эфирные масла, широко используемые в медицине, косметологии, парфюмерии, ликероводочной промышленности. В последние годы как в России, так и за рубежом активно изучаются виды из семейства Яснотковых (Lamiaceae), принадлежащие к роду лофант

(*Lophanthus* Adans) [2, с. 2] и агастахе (*Agastache* Clayt. Ex Gronov.) [14, с. 16], широко распространенные в степных, полупустынных растительных группировках среднегорий, а также в высокогорьях Средиземноморья, Средней Азии, Западных Гималаев и Юго-Западного Китая [3, с. 100], [4, с. 17]. Растения относятся к группе эфирномасличных, в надземной биомассе которых отмечается повышенное содержание биологически активных веществ: эфирное масло [15, с. 391], флавоноиды [5, с. 46], полисахариды [6, с. 73], дубильные вещества, кемпферол-гликозид, витамины (аскорбиновая кислота, провитамин А), макро- и микроэлементы; органические кислоты: хлорогеновая, лимонная и яблочная [7, с. 183], [8, с. 44].

Лофант рекомендуется в качестве антидепрессивного, гипотензивного, противовоспалительного средства. Препараты, созданные из лофанта, обладают иммуномодулирующим [5, с. 45], антиоксидантным, противомикробным действием [9, с. 12], [16, с. 524]; находят применение при

различных заболеваниях: улучшают обменные процессы в организме, обладают дезинфицирующими и ранозаживляющими свойствами, ускоряют процесс регенерации эпителиальных тканей; выводят из организма токсины и тяжелые металлы; показаны при аллергических заболеваниях и тахикардии [10, с. 247].

Лофант – эффективное бактерицидное растение, по силе воздействия на вирусы, болезнетворные микробы и грибки стоит в одном ряду с сильнодействующими эфирномасличными растениями [11, с. 106]. Кроме того, лофант и агастахе привлекают полезных насекомых, обладают ароматным запахом и значительно улучшают экологическую обстановку как на самом участке, так и на прилегающей к нему территории [11, с. 106]. Наибольший выход эфирного масла (0,5–0,7 %) наблюдается в фазе цветения растений.

Лофант отличается высокой декоративностью, может использоваться в садово-парковом строительстве, в оформлении цветочных композиций (бордюров, клумб, рабаток, миксбордеров, моносадов, модульных цветников и т. д.); рекомендуется для озеленения домов отдыха, городов, интерьеров офисов и квартир.

В России довольно популярен лофант анисовый, введен в культуру, возделывается в Краснодарском крае [10, с. 247], менее изучен лофант тибетский, по которому в настоящее время отсутствуют рекомендации по технологии его возделывания. Кафедра растениеводства и селекции Уральского ГАУ с 2013 г. проводит исследования по интродукции лофанта тибетского [3, с. 205], [12, с. 5]. Лофант тибетский (*Lophanthus tibeticus* C. Y. Wu et Y. C. Huang) – многолетнее, травянистое растение высотой до 1 м, диаметр куста – 0,5–0,6 м. Для лофанта характерны плотные верхушечные соцветия тирсоидного типа, в естественных популяциях их длина может достигать 20 см. Светолюбив, предпочитает почвы плодородные, хорошо дренированные, с нейтральной реакцией среды и легким механическим составом. Лофант тибетский с давних времен применяется в восточной медицине, считается сильным биостимулятором [8, с. 45].

Методология и методы исследования (Methods)

Данное исследование проводилось на коллекционном участке лекарственных растений Уральского государственного аграрного университета (Уральского ГАУ), расположенном в Белоярском районе Свердловской области. Почва на опытном участке – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый. Этот тип почв характеризуется глубоким залеганием карбонатного горизонта (карбонаты залегают на глубине 100–125 см) и признаками оподзоливания. Мощность горизонта А – 40–45 см; АВ₁ – 60–80 см. Гумусовый горизонт обогащен обменными основаниями, 70 % из которых составляет кальций. Реакция среды близка к нейтральной (рН 6,5).

Цель исследования – изучить влияние различных видов минеральных удобрений на структурный состав и продуктивность надземной биомассы лофанта тибетского.

Задачи исследования сводились к изучению биометрических характеристик (высота, среднесуточный прирост, число, длина и масса соцветий); структуры и продуктивности лекарственного сырья (зеленая биомасса и воздушно-сухое вещество); семенной продуктивности.

Лофант тибетский в связи с низкой зимостойкостью, в опыте использовался в качестве однолетника; подзимний посев семян в открытый грунт проводили в конце сентября – начале октября. Посев широкорядный, ширина междурядий – 35 см, расстояние между растениями в рядке – 25 см (12 растений на 1 м²). Семена мелкие, масса 1000 семян – 0,7–0,9 г. Норма посева – 5 кг/га. Лабораторная всхожесть семян колебалась от 65 до 67 %. После посева семена мульчировали тонким слоем низинного, хорошо минерализованного торфа. В качестве предшественника использовался черный пар. За 1,5 месяца до посева была проведена глубокая обработка почвы с последующим боронованием. Перед посевом почву прокультивировали и прикатали. В схему опыта включены 5 вариантов, которые различались по видам минеральных удобрений: I – без удобрений (контроль); II – N₆₀; III – P₆₀; IV – K₆₀; V – N₆₀P₆₀K₆₀. В качестве азотных удобрений использовалась аммиачная селитра, фосфорных – двойной суперфосфат, калийных – сернокислый калий. Площадь делянки – 3 м², повторность трехкратная. Уход за посевами 2018–2019 гг.: в фазе весеннего отрастания, когда высота растений достигала 3–5 см, вносили удобрения поверхностно, в дозе 60 кг действующего вещества/га; в первой половине вегетации – 2 междурядные обработки (культивации), а также – 2 прополки. Динамику высоты растений определяли регулярно (1 раз в неделю) в течение всего вегетационного периода, для чего в каждом варианте были выделены по 5 растений в 3 повторностях. Продуктивность надземной биомассы определяли во II декаде августа: в 2018 г. полностью срезали все растения на всей площади делянок; в 2019 г. растения срезали на 2 м², а 1 м² (в каждом варианте в трех повторностях) был оставлен для определения семенной продуктивности. Статистическую обработку полученных результатов проводили по Б. А. Доспехову [13, с. 262–268].

Результаты (Results)

Для лофанта тибетского характерно очень медленное развитие в начальных фазах вегетации. Активный рост растений наблюдался со второй половины июня: к концу июня высота растений колебалась по вариантам от 14 (I вариант) до 22 см (V вариант); среднесуточный прирост варьировался от 0,14–0,86 см (I вариант) до 0,43–1,43 см (V вариант). Максимальный среднесуточный прирост во всех вариантах отмечен в конце июля – начале августа, когда растения находились в фазах бутонизация – начало цветения: 1,86 см (I вариант) – 2,57 см (V вариант), после чего линейный прирост растений значительно замедлился. На момент проведения учета продуктивности надземной биомассы (19 августа) высота растений по вариантам распределилась следующим образом: I – 81 см; II – 100; III – 97; IV – 89; V – 103 см. В течение всего вегетационного периода прослеживается тесная зависимость высоты и среднесуточного прироста от видов минеральных удобрений.

Определение структурного состава надземной биомассы проводилось одновременно с учетом продуктивности лофанта тибетского. В каждом варианте срезали по 3 типичных растения (в трех повторностях), в лаборатории выделяли основные фракции – листья, соцветия, стебли и

побеги разных порядков; взвешивали, получали массу и процент участия структурных элементов в надземной биомассе. Из данных, представленных в таблице 1, видно, что наибольший процент листьев наблюдался в контрольном варианте (48,6 % – 2018 г.; 48,1 % – 2019 г.); при внесении минеральных удобрений отмечено снижение процентного содержания листьев в надземной биомассе. Во всех вариантах, где вносили удобрения, прослеживается четкая тенденция увеличения массы соцветий в структуре надземной биомассы, но максимум отмечен в V варианте в 2019 г., при внесении полного минерального удобрения – 42,3 г в среднем на 1 растение, что на 31,6 г больше, чем в контрольном варианте. Установлен довольно высокий репродуктивный потенциал (отношение соцветий к общей надземной биомассе) в III и V вариантах, в среднем за 2 года наблюдений он варьировался от 17,62 % до 17,91 %, существенно ниже – в I варианте (6,25 %).

Кроме того, под влиянием удобрений наблюдаются существенные различия в биометрических характеристиках соцветий: изменение длины, их числа и массы (таблица 2). Для лофанга тибетского характерны плотные верхушеч-

ные соцветия (состоящие из многочисленных, сближенных мутовок), длина которых в естественных популяциях (в Западных Гималаях и Юго-Западном Китае) достигает 20 см. В эксперименте хорошо развитые соцветия, у которых длина варьировалась от 11 до 16 см, были получены в III и V вариантах, где было сформировано и максимальное число соцветий – 48–49 шт. на 1 растение. Минимальное число соцветий получено в I варианте – 28 шт. (на 21 соцветие меньше, чем в V варианте). По массе соцветий лидирует V вариант – 38,6 г/растение, что на 28,8 г больше, чем в I варианте.

Определение продуктивности надземной биомассы проводили в период массового цветения лофанга тибетского (II декада августа). Из данных, представленных в таблицах 3 и 4, видно, что изучаемые варианты довольно существенно различаются по продуктивности. Самая низкая продуктивность зеленой массы, по годам исследования, сформирована в контрольном варианте – 18,0–19,5 т/га. Внесение азотных удобрений вызвало увеличение продуктивности: в 2018 г. на 4,3 т/га (23,9 %); в 2019 г. – 6,1 т/га (31,3 %).

Таблица 1
Структурный состав надземной биомассы лофанга тибетского (в среднем на 1 растение, 2018–2019 гг.)

Варианты опыта (виды минеральных удобрений)	Годы исследования	Надземная биомасса						Итого, г
		Листья		Соцветия		Стебли		
		г	%	г	%	г	%	
I вариант – без удобрений (контроль)	2018	72,9	48,6	8,9	5,9	68,2	45,5	150,0
	2019	78,2	48,1	10,7	6,6	73,6	45,3	162,5
II вариант – N ₆₀	2018	73,4	39,5	23,4	12,6	89,0	47,9	185,8
	2019	83,8	39,3	28,6	13,4	100,9	47,3	213,3
III вариант – P ₆₀	2018	64,8	38,7	28,3	16,9	74,4	44,4	167,5
	2019	70,3	38,0	35,0	18,9	79,7	43,1	185,0
IV вариант – K ₆₀	2018	65,0	39,4	25,9	15,7	74,1	44,9	165,0
	2019	70,3	38,9	31,3	17,3	79,2	43,8	180,8
V вариант – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2018	77,6	38,0	34,8	17,0	91,9	45,0	204,3
	2019	87,9	37,8	42,3	18,2	102,3	44,0	232,5

Table 1
The structural composition of the aboveground biomass of the *Lophanthus tibeticus* (on average per 1 plant, 2018–2019)

Experience options (types of mineral fertilizers)	Years of study	Overground biomass						Total, g
		Leaves		Inflorescences		Stems		
		g	%	g	%	g	%	
I variant – without fertilizer (control)	2018	72.9	48.6	8.9	5.9	68.2	45.5	150.0
	2019	78.2	48.1	10.7	6.6	73.6	45.3	162.5
II variant – N ₆₀	2018	73.4	39.5	23.4	12.6	89.0	47.9	185.8
	2019	83.8	39.3	28.6	13.4	100.9	47.3	213.3
III variant – P ₆₀	2018	64.8	38.7	28.3	16.9	74.4	44.4	167.5
	2019	70.3	38.0	35.0	18.9	79.7	43.1	185.0
IV variant – K ₆₀	2018	65.0	39.4	25.9	15.7	74.1	44.9	165.0
	2019	70.3	38.9	31.3	17.3	79.2	43.8	180.8
V variant – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2018	77.6	38.0	34.8	17.0	91.9	45.0	204.3
	2019	87.9	37.8	42.3	18.2	102.3	44.0	232.5

Таблица 2
Биометрические особенности соцветий лофанта тибетского (в среднем на 1 растение, 2018–2019 гг.)

Варианты опыта (виды минеральных удобрений)	Длина соцветий, см					Масса, г
	до 5	5–7	8–10	11–13	14–16	
	Число соцветий, шт.					
I вариант – без удобрений (контроль)	15 ± 2,56	10 ± 1,16	2 ± 0,58	1 ± 0,43	–	9,8
II вариант – N ₆₀	10 ± 1,64	12 ± 1,87	8 ± 1,14	5 ± 0,92	2 ± 0,09	26,0
III вариант – P ₆₀	7 ± 1,12	8 ± 1,24	13 ± 2,17	12 ± 1,85	8 ± 1,53	31,7
IV вариант – K ₆₀	11 ± 2,41	13 ± 2,35	8 ± 1,38	4 ± 1,26	1 ± 0,07	28,6
V вариант – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6 ± 0,97	7 ± 0,89	15 ± 2,76	12 ± 2,07	9 ± 1,04	38,6

Table 2
Biometric Features of the *Lophanthus tibeticus* (on average per 1 plant, 2018–2019)

Experience options (types of mineral fertilizers)	The length of the inflorescences, cm					Weight, g
	up to 5	5–7	8–10	11–13	14–16	
	The number of inflorescences, pcs.					
I variant – without fertilizer (control)	15 ± 2.56	10 ± 1.16	2 ± 0.58	1 ± 0.43	–	9.8
II variant – N ₆₀	10 ± 1.64	12 ± 1.87	8 ± 1.14	5 ± 0.92	2 ± 0.09	26.0
III variant – P ₆₀	7 ± 1.12	8 ± 1.24	13 ± 2.17	12 ± 1.85	8 ± 1.53	31.7
IV variant – K ₆₀	11 ± 2.41	13 ± 2.35	8 ± 1.38	4 ± 1.26	1 ± 0.07	28.6
V variant – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6 ± 0.97	7 ± 0.89	15 ± 2.76	12 ± 2.07	9 ± 1.04	38.6

Таблица 3
Продуктивность надземной биомассы лофанта тибетского, 2018 г.

Варианты опыта (виды минеральных удобрений)	Выход лекарственного сырья					
	Продуктивность, т/га	Зеленая масса		Воздушно-сухое вещество		
		Отклонение от контроля (+)		Продуктивность, т/га	Отклонение от контроля (+)	
		т/га	%		т/га	%
I вариант – без удобрений (контроль)	18,0	–	–	4,65	–	–
II вариант – N ₆₀	22,3	4,3	23,9	5,73	1,08	23,2
III вариант – P ₆₀	20,1	2,1	11,7	5,46	0,81	17,4
IV вариант – K ₆₀	19,8	1,8	10,0	5,37	0,72	15,5
V вариант – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24,5	6,5	36,1	6,60	1,95	41,9
HCP ₀₅	0,87			0,21		

Table 3
Aboveground Biomass Productivity of *Lophanthus tibeticus*, 2018

Experience options (types of mineral fertilizers)	Yield medicinal plant					
	Productivity, t/ha	Green mass		Air-dry substance		
		Deviation from control (+)		Productivity, t/ha	Deviation from control (+)	
		t/ha	%		t/ha	%
I variant – without fertilizer (control)	18.0	–	–	4.65	–	–
II variant – N ₆₀	22.3	4.3	23.9	5.73	1.08	23.2
III variant – P ₆₀	20.1	2.1	11.7	5.46	0.81	17.4
IV variant – K ₆₀	19.8	1.8	10.0	5.37	0.72	15.5
V variant – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24.5	6.5	36.1	6.60	1.95	41.9
LSD ₀₅	0.87			0.21		

Продуктивность надземной биомассы лофанта тибетского, 2019 г.

Варианты опыта (виды минеральных удобрений)	Выход лекарственного сырья					
	Зеленая масса			Воздушно-сухое вещество		
	Продуктивность, т/га	Отклонение от контроля (+)		Продуктивность, т/га	Отклонение от контроля (+)	
т/га		%	т/га		%	
I вариант – без удобрений (контроль)	19,5	–	–	5,01	–	–
II вариант – N ₆₀	25,6	6,1	31,3	6,56	1,55	30,9
III вариант – P ₆₀	22,2	2,7	13,8	6,05	1,04	20,8
IV вариант – K ₆₀	21,7	2,2	11,3	5,86	0,85	17,0
V вариант – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	27,9	8,4	43,1	7,54	2,53	50,5
HCP ₀₅	0,96			0,29		

Table 4

Aboveground Biomass Productivity of *Lophanthus tibeticus*, 2019

Experience Options (types of mineral fertilizers)	Yield medicinal plant					
	Green mass			Air-dry substance		
	Productivity, t/ha	Deviation from control (+)		Productivity, t/ha	Deviation from control (+)	
t/ha		%	t/ha		%	
I variant – without fertilizer (control)	19.5	–	–	5.01	–	–
II variant – N ₆₀	25.6	6.1	31.3	6.56	1.55	30.9
III variant – P ₆₀	22.2	2.7	13.8	6.05	1.04	20.8
IV variant – K ₆₀	21.7	2.2	11.3	5.86	0.85	17.0
V variant – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	27.9	8.4	43.1	7.54	2.53	50.5
LSD ₀₅	0.96			0.29		

В вариантах с фосфорными и калийными удобрениями отмечен рост продуктивности по сравнению с контрольным вариантом на 11,7 – 10,0 % (2018 г.), 13,8–11,3 % (2019 г.) соответственно. Заметно выше реакция лофанта тибетского на внесение полного минерального удобрения, где продуктивность надземной биомассы достигла в 2018 г. – 24,5 т/га, в 2019 г. – 27,9 т/га; отклонение от контроля составило 36,1–43,1 %. Что касается динамики воздушно-сухого вещества (влажность 17 %) как по годам исследования, так и по вариантам, все закономерности, выявленные при определении продуктивности зеленой массы, прослеживаются и по воздушно-сухому веществу: минимальная продуктивность получена в контроле (4,65–5,01), максимальная – при внесении полного минерального удобрения (6,60–7,54). Коэффициент усушки колебался по вариантам от 3,67 (P₆₀) до 3,90 (N₆₀).

Кроме минеральных удобрений, на продуктивность лофанта тибетского оказали влияние и метеорологические условия. Рост продуктивности надземной биомассы в 2019 г. объясняется более благоприятными метеорологическими условиями: оптимальный температурный режим для роста травянистых растений (+17...22 °С) и регулярное выпадение атмосферных осадков в период перехода растений в генеративную стадию развития (на 23 % больше по сравнению с 2018 г.).

Математическая обработка полученных результатов показала, что в III и IV вариантах продуктивность надземной биомассы (зеленая масса и воздушно-сухое вещество) практически одинаковая, различия не превышают 0,5 т/га (зеленая масса) 0,19 т/га (воздушно-сухое вещество), что существенно ниже, чем величина HCP₀₅. В остальных вариантах различия достоверные.

Главным сдерживающим фактором при введении растений в культуру является отсутствие семян, поэтому одной из задач, стоящих в опыте, было изучение влияния различных видов минеральных удобрений на семенную продуктивность лофанта. Учет семенной продуктивности проводили в 2019 г. в два срока: 10 и 25 сентября (таблица 5). Установлено, что более высокая продуктивность семян отмечена при уборке лофанта 25 сентября. Максимальная продуктивность семян получена в V варианте (57,3 г/м²), несколько ниже – в III (55,9 г/м²). Значительно меньше семенная продуктивность – в I варианте (31,4 г/м²). Кроме того, в декабре 2019 г. (в лаборатории) была определена биологическая активность семян, лучшие результаты, во всех вариантах, отмечены у семян, собранных 25 сентября: энергия прорастания (учет на 5 суток) варьировалась от 30,6 % (I вариант) до 68,3 % (V вариант); лабораторная всхожесть определяли на 20 сутки после замачивания семян: в I варианте составила 62,7 %; в V варианте – 88,9 %.

Таблица 5
Семенная продуктивность лопанта тибетского, 2019 г.

Варианты опыта (виды минеральных удобрений)	Даты учета					
	10 сентября			25 сентября		
	Продуктивность, г/м ²	Отклонение от контроля (+)		Продуктивность, г/м ²	Отклонение от контроля (+)	
г/м ²		%	г/м ²		г/м ²	%
I вариант – без удобрений (контроль)	24,7	–	–	31,4	–	–
II вариант – N ₆₀	25,9	1,2	4,9	34,7	3,3	10,5
III вариант – P ₆₀	52,4	27,7	112,1	55,9	24,5	78,3
IV вариант – K ₆₀	37,2	12,5	50,6	41,6	10,2	32,5
V вариант – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	53,6	28,9	117,0	57,3	25,9	82,5
HCP ₀₅	0,97			1,04		

Table 5
Seed productivity of *Lophanthus tibeticus*, 2019

Experience options (types of mineral fertilizers)	Date of registration					
	10 th September			25 th September		
	Productivity, g/m ²	Deviation from control (+)		Productivity, g/m ²	Deviation from control (+)	
g/m ²		%	g/m ²		g/m ²	%
I variant – without fertilizer (control)	24,7	–	–	31,4	–	–
II variant – N ₆₀	25,9	1,2	4,9	34,7	3,3	10,5
III variant – P ₆₀	52,4	27,7	112,1	55,9	24,5	78,3
IV variant – K ₆₀	37,2	12,5	50,6	41,6	10,2	32,5
V variant – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	53,6	28,9	117,0	57,3	25,9	82,5
LSD ₀₅	0,97			1,04		

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенное исследование по изучению влияния различных видов минеральных удобрений при возделывании лопанта тибетского дает основание утверждать, что при подзимнем сроке посева в природно-климатических условиях Среднего Урала, за вегетационный период лопант тибетский успевает реализовать свой биопродукционный потенциал. Из анализа результатов, полученных в ходе эксперимента, видно, что из изученных вариантов, лучшим зарекомендовал себя пятый, при внесении одновременно трех макроудобрений (N₆₀P₆₀K₆₀), где хорошо выражен синергизм, при котором эффект совместного внесения удобрений существенно превышает действие каждого вида удобрений, вносимого в отдельности. В этом варианте высота растений в фазе цветения (103 см)

и среднесуточный прирост (2,57 см) существенно выше, чем в других вариантах; сформирована наибольшая продуктивность надземной биомассы (в 2018 г. – 24,5 т/га; 2019 г. – 27,9 т/га); получен качественный структурный состав, с доминированием в надземной биомассе листьев и соцветий (в среднем г/растение 77,6–87,0 и 34,8–42,3 соответственно). Совместное внесение трех макроудобрений (N₆₀P₆₀K₆₀) обеспечило выход максимальной семенной продуктивности (57,3 г/м²) с высокой биологической активностью семян: энергия прорастания – 68,3 %; лабораторная всхожесть – 88,9 %.

Результаты, полученные в ходе эксперимента, могут быть использованы при создании плантаций для заготовки лекарственного сырья лопанта тибетского в промышленных масштабах.

Библиографический список

1. Все о лекарственных растениях. СПб.: СЗКЭО, 2016. 192 с.
2. Абрамчук А. В. Особенности возделывания лопанта тибетского в условиях Среднего Урала // Селекция и семеноводство в растениеводстве: сборник материалов международной научно-практической конференции «Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК». Екатеринбург, 2018. С. 1–5.
3. Карпунин М. Ю., Абрамчук А. В., Мингалев С. К. Элементы интродукции лопанта тибетского (*Lophanthus tibeticus* C. Y. Wu et Y. C. Huang) // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применение эфиромасличных и лекарственных растений: материалы Международной научно-практической конференции. Симферополь, 2019. С. 100–106.

4. Кустова О. К., Приходько С. А., Глухов А. З., Кустов Д. Ю. Интродукция видов рода *Agastache* Clayt. Ex Gronov. в Донецком ботаническом саду и перспективы их использования // Промышленная ботаника. 2019. Вып. 19. № 1. С. 17–22.
5. Хлебцова Е. Б., Сорокина А. А. Иммуномоделирующее действие флавоноидов лофанта анисового // Фармация. 2014. № 4. С. 45–48.
6. Слепцов И. В. Журавская А. Н. Полисахариды в вегетативной массе *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* и *Thlaspi arvense* в условиях Центральной Якутии // Химия растительного сырья. 2018. № 4. С. 73–79.
7. Альтамирова А. А., Джабраилова Х. У., Карсамова М. А., Юсупова С. С. Лофант анисовый и его химический состав // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: материалы VIII Международной научно-практической конференции. Владикавказ, 2018. С. 183–186.
8. Зориков П. С., Колдаев В. М., Маняхин А. Ю. Сравнительные оптические характеристики извлечений из лофантов тибетского и анисового // Тихоокеанский медицинский журнал. 2015. № 2. С. 44–46.
9. Еремеева Е. А. Лофант анисовый (*Agastache foeniculum* (Pursh.) o. Kuntze) как источник биологически активных веществ // Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы международной научно-практической конференции. Кинель, 2016. С. 11–13.
10. Ильина Т. А. Лекарственные растения: большая иллюстрированная энциклопедия. М., 2017. 304 с.
11. Чулкова В. В., Чапалда Т. Л., Пояркова Н. М. Растения-репелленты // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Секция 3. Екатеринбург, 2020. С. 105–107.
12. Абрамчук А. В., Мингалев С. К., Карпухин М. Ю. Эффективность предпосевной обработки семян лофанта тибетского регуляторами роста // Аграрный вестник Урала. 2018. № 6 (173). С. 5–10.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб. М.: Альянс. 2014. 415 с.
14. Carrillo-Galván G., Bye R., Eguiarte L. E. [et al.] Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: *Agastache* (Lamiaceae) Lamiaceae – an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis // Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. 2020. Vol. 16. Article number 22. DOI: 10.1186/s13002-020-00368-2. URL: <https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13002-020-00368-2> (appeal date: 03.07.2020).
15. Zielińska S., Matkowski A. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (Lamiaceae) // Phytochemistry Reviews. 2014. No. 13 (2). Pp. 391–416.
16. Haiyan G., Chen Z., Lijuan H., Shaoyu L., Ashraf M.A. Antimicrobial, antibiofilm and antitumor activities of essential oil of *Agastache rugosa* from Xinjiang, China // Saudi Journal of Biological Sciences. 2016. T. 23. No. 4. Pp. 524–530.

Об авторах:

Михаил Юрьевич Карпухин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям, ORCID 0000-0002-8009-9121, AuthorID 339196; mkarpuhkhin@yandex.ru

Анна Васильевна Абрамчук¹, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры растениеводства и селекции, ORCID 0000-0002-7908-4416, AuthorID 94812; +7 953 005-68-44

Светлана Евгеньевна Сапарклычева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры растениеводства и селекции, ORCID 0000-0003-0463-7749, AuthorID 651975; +7 922 295-23-58, s.e.saparklycheva@mail.ru

Dynamics of the structural composition and productivity of the *Lophanthus tibeticus* under the influence of various types of mineral fertilizers

M. Yu. Karpukhin¹, A. V. Abramchuk¹, S. E. Saparklycheva¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

[✉]E-mail: mkarpuhkhin@yandex.ru

Abstract. A study was conducted at a collection site of medicinal plants of the Ural State Agrarian University, located in Beloyarskiy district, Sverdlovsk region. The soil of the experimental site – black soil podzol heavy loamy. The reaction of the medium is close to neutral (pH 6.5). **The purpose of the research:** to study the effect of various types of mineral fertilizers on the structure and productivity of the aboveground biomass of the *Lophanthus tibeticus*. **The research objectives** were to study the effects of fertilizers on height and daily average growth, biometric characteristics of inflorescences, structure and productivity of medicinal raw materials; seed productivity. **Method of research.** In the experiment, we used early winter sowing of seeds in open ground (late September – early October). Sowing wide-row (25×35 cm). The scheme of the experiment included 5 options: I – without fertilizer (control); II – N₆₀; III – P₆₀; IV – K₆₀; V – N₆₀P₆₀K₆₀. **Results.** In all variants with the use of fertilizers,

In all variants with the use of fertilizers, the plants had an increase in biometric parameters, but the best results were obtained in the V variant: the height of the plants was at the level of 103 cm; the average daily growth of plants was from 0.43 to 2.57 cm; the number of inflorescences – 49 pcs. (on average, per plant), which had a positive effect on the composition of medicinal raw materials (the share of inflorescences was 17.1 %); the productivity of aboveground biomass (on average over 2 years of research) was 26.2 t/ha; seed productivity ranged from 53.6 (10.09) to 57.3 g/m² (25.09). **Scientific novelty.** For the first time, in the conditions of the Middle Urals studied the effect of mineral fertilizers on the most important aspects of the growth and development of the *Lophanthus tibeticus*. The best option was established in which the lofant had high productivity with an optimal structure of medicinal raw materials (V option – N₆₀P₆₀K₆₀).

Keywords: *Lophanthus tibeticus*, mineral fertilizers, above-ground biomass, productivity, structural composition.

For citation: Karpukhin M. Yu., Abramchuk A. V., Saparklycheva S. E. Dinamika strukturnogo sostava i produktivnosti *Lophanthus tibeticus* pod vliyaniem razlichnykh vidov mineral'nykh udobrenij [Dynamics of the structural composition and productivity of the *Lophanthus tibeticus* under the influence of various of mineral fertilizers] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 09 (200). Pp. 17–25. DOI: ... (In Russian.)

Paper submitted: 20.07.2020.

References

1. Vse o lekarstvennykh rasteniyakh [All about medicinal plants]. Saint Petersburg: SZKEO. 2016. 192 p. (In Russian.)
2. Abramchuk A. V. Osobennosti vozdeystviya Lofanta tibetskogo v usloviyakh Srednego Urala [Peculiarities of Tibetan lofant empowerment in the conditions of the Middle Urals] // Seleksiya i semenovodstvo v rastenievodstve: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Strategicheskie zadachi po nauchno-tehnologicheskomu razvitiyu APK". Ekaterinburg, 2018. Pp. 1–5. (In Russian.)
3. Karpukhin M. Yu., Abramchuk A. V., Mingalev S. K. Elementy introduktsii lofanta tibetskogo (*Lophanthus tibeticus* C. Y. Wu et Y. C. Huang) [Introduction elements Lofant tibetsky (*Lophanthus tibeticus* C. Y. Wu et Y. C. Huang)] // Nauchnyy i innovatsionnyy potentsial razvitiya proizvodstva, pererabotki i primeneniye efiromaslichnykh i lekarstvennykh rasteniy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Simferopol', 2019. Pp. 100–106. (In Russian.)
4. Kustova O. K., Prikhod'ko S. A., Glukhov A. Z., Kustov D. Yu. Introduktsiya vidov roda Agastache Clayt. Ex Gronov. v Donetskoy botanicheskoy sadu i perspektivy ikh ispol'zovaniya [Introduction of some species from the genus Agastache Clayt. Ex Gronov. In Donetsk botanical garden and their application potential] // Promyshlennaya botanika. Donetsk, 2019. Iss. 19. No. 1. Pp. 17–22. (In Russian.)
5. Khlebtsova E. B., Sorokina A. A. Immunomoduliruyushchee deystvie flavonoidov lofanta anisovogo [*Lophanthus anisatus*] flavonoids: Immunomodulatory effect] // Pharmacy. 2014. No. 4. Pp. 45–48. (In Russian.)
6. Sleptsov I. V., Zhuravskaya A. N. Polisakharidy v vegetativnoy masse *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* i *Thlaspi arvense* v usloviyakh Tsentral'noy Yakutii [Polysaccharides in tissues *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* and *Thlaspi arvense* in the conditions of central Yakutia] // Chemistry of plant raw material. 2018. No. 4. Pp. 73–79. (In Russian.)
7. Al'tamirova A. A., Dzhabrailova Kh. U., Karsamova M. A., Yusupova S. S. Lofant anisovyy i yego khimicheskiy sostav [Lofant anise and its chemical composition] // Molodye uchenye v reshenii aktual'nykh problem nauki: materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vladikavkaz, 2018. Pp. 183–186. (In Russian.)
8. Zorikov P. S., Koldaev V. M., Manyakhin A. Yu. Sravnitel'nye opticheskie kharakteristiki izvlecheniy iz lofantov tibetskogo i anisovogo [Comparative optical characteristics of extracts from giant hyssop Tibetan and anise] // Pacific Medical Journal. 2015. No. 2. Pp. 44–46. (In Russian.)
9. Eremeeva E. A. Lofant anisovyy (*Agastache foeniculum* (Pursh.) O. Kuntze) kak istochnik biologicheskii aktivnykh veshchestv [*Lophanthus anisatus* (*Agastache foeniculum* (Pursh.) O. Kuntze) as a source of biologically active substances] // Vklad molodykh uchenykh v agrarnuyu nauku: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kinel, 2016. Pp. 11–13. (In Russian.)
10. Ilyina T. A. Lekarstvennye rasteniya: bol'shaya illyustrirovannaya entsiklopediya [Medicinal plants: A large illustrated encyclopedia]. Moscow, 2017. 304 p. (In Russian.)
11. Chulkova V. V., Chapalda T. L., Poyarkova N. M. Rasteniya-repellenty [Repellent plants] // Ot inertsi k razvitiyu: nauchno-innovatsionnoe obespechenie APK: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Section 3. Pp. 105–107. (In Russian.)
12. Abramchuk A. V., Mingalev S. K., Karpukhin M. Yu. Effektivnost' predposevnoy obrabotki semyan Lofanta tibetskogo regul'yatorami rosta [Efficiency of precise treatment of Lofant seeds tibetan by regulators of growth] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2018. No. 6 (173). Pp. 5–10. (In Russian.)
13. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik dlya vysshikh sel'skokhozyaystvennykh uchebnykh zavedeniy [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results): a textbook for higher agricultural educational institutions]. Stereotype. ed., reprint. from the 5th ed., ext. and reslave. Moscow: Alyans, 2014. 415 p. (In Russian.)

14. Carrillo-Galván G., Bye R., Eguiarte L. E. [et al.] Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: Agastache (Lamiaceae) – an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis [e-resource] // Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. 2020. Vol. 16. Article number 22. DOI: 10.1186/s13002-020-00368-2. URL: <https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13002-020-00368-2> (appeal date: 03.07.2020).

15. Zielińska S., Matkowski A. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus Agastache (Lamiaceae) // Phytochemistry Reviews. 2014. No. 13 (2). Pp. 391–416.

16. Haiyan G., Chen Z., Lijuan H., Shaoyu L., Ashraf M.A. Antimicrobial, antibiofilm and antitumor activities of essential oil of Agastache rugosa from Xinjiang, China // Saudi Journal of Biological Sciences. 2016. T. 23. No. 4. Pp. 524–530.

Authors' information:

Mikhail Yu. Karpukhin¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, vice-rector for research and innovation, ORCID 0000-0002-8009-9121, AuthorID 339196; mkarpukhin@yandex.ru

Anna V. Abramchuk¹, candidate of biological sciences, associate professor, associate professor of the department of plant production and selection, ORCID 0000-0002-7908-4416, AuthorID 94812; +7 953 005-68-44

Svetlana E. Saparklycheva¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, associate professor of the department of plant production and selection, ORCID 0000-0003-0463-7749, AuthorID 651975; +7 922 295-23-58, s.e.saparklycheva@mail.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia