

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРНЕЙ И КОРНЕВИЩ ВАЛЕРИАНЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ

С. А. Тарасенко <sup>1</sup>, О. М. Ануфрик <sup>2</sup>

<sup>1</sup>УО «Гродненский государственный аграрный университет»  
г. Гродно, Беларусь

<sup>2</sup>РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси»  
г. Щучин, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие лекарственного растениеводства является важнейшей задачей агропромышленного комплекса Республики Беларусь. Несмотря на большие достижения в химическом синтезе лекарственных препаратов, широкое распространение приобретает фитотерапия – научно-обоснованное лечение лекарственными травами, применяемыми в медицинской практике. В республике из общего количества лекарственных средств, принятых фармакопеей, около 40 % составляют препараты растительного происхождения [1].

Актуальность данного направления обуславливается тем, что значительное количество лекарственного растительного сырья завозится в республику из-за рубежа, несмотря на то, что природно-климатические условия нашей страны вполне приемлемы для возделывания многих лекарственных растений. Валериана лекарственная (*Valeriana officinalis* L.) является одним из важнейших растений, корни и корневища которой широко используются в научной и народной медицине, а общие потребности в данном виде сырья обеспечиваются всего на 75 % за счет собственного производства [2]. Закупочная цена на корни и корневища валерианы лекарственной достаточно высокая и составляет 5–6 долларов США за один килограмм [3].

Важнейшим направлением обеспечения потребности Республики Беларусь в данном виде лекарственного сырья является возделывание валерианы в культуре, что позволяет повысить продуктивность и качество сырья этого растения и сохранить биологическое разнообразие данного вида в естественных биоценозах. Возделывание валерианы лекарственной в культуре приводит к необходимости проведения исследований по изучению особенностей продукционного процесса этого растения и возможности его активизации путем применения органических и минеральных удобрений.

Основным продукционным процессом для сельскохозяйственных культур, в том числе и валерианы, является процесс фотосинтеза, в световой фазе которого энергия кванта света на тилакоидах гран хлоропластов превращается в макроэргическое соединение АТФ и формирует восстановительный фермент НАДФН + H<sup>+</sup>. В темновой фазе фотосинтеза в матриксе хлоропластов из углекислого газа, воды, АТФ и НАДФН + H<sup>+</sup> происходит биосинтез органического вещества [4].

Активность фотосинтетического процесса определяется основными параметрами растений – ассимиляционной поверхностью, накоплением биомассы, содержанием основных фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) и другими [5]. В литературе отмечается тесная связь физиологических показателей с величиной урожайности сельскохозяйственных культур [6]. Вносимые элементы питания в виде удобрений позволяют сформировать необходимые физиологические показатели растений в течение вегетации, что в конечном итоге обеспечивает интенсивный синтез органического вещества, высокую урожайность и качество сельскохозяйственной продукции [7]. Для анализа эффективности органических и минеральных удобрений в отношении конечного результата их применения необходимо иметь полную картину продукционного процесса растений в течение вегетации, динамику фотосинтетических параметров и их связь с темпами образования органического вещества

Таким образом, целью данных исследований являлось установление влияния различных норм органических и минеральных удобрений на изменение основных параметров продукционного процесса растений валерианы лекарственной в течение вегетации, а в конечном итоге – на урожайность и качество корней и корневищ.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2016–2018 гг. на опытном поле УО «Гродненский государственный аграрный университет». Почва опытного участка – дерново-подзолистая, развивающаяся на песчанистой связной супеси, подстилаемая с глубины 0,5 м мореным суглинком. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы в годы исследований: гумус – 1,6–1,8 %;  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – 6,2–6,4; содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 165–182,  $\text{K}_2\text{O}$  – 150–164 мг/кг почвы.

Схема опыта предусматривала изучение двух фонов органических удобрений: I – 30, II – 60 т/га навоза КРС), на которых исследовались возрастающие уровни минеральных удобрений: 1 – (нулевой), 2 –  $\text{N}_{30}\text{P}_{20}\text{K}_{40}$  (низкий), 3 –  $\text{N}_{60}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$  (средний), 4 –  $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$  (повышенный), 5 –  $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{160}$  (высокий). Всего 10 вариантов. Они были размещены в 3-кратной повторности. Общая площадь делянки 42 м<sup>2</sup> (2,8×15), учетная – 14 м<sup>2</sup> (1,4×10). Размещение делянок рендомизированное. В исследования использовался сорт Кардиола, применялась рассадная однолетняя технология возделывания валерианы лекарственной, позволяющая получить корни и корневища в течение одного года вегетации в отличие от традиционной двухлетней технологии выращивания [8].

Первый этап заключался в посеве семян в почву и получении рассады в закрытом грунте. Перед посевом семена прошли необходимую предпосевную обработку (замачивание и протравливание). Глубина заделки семян составила 0,5 см. Норма высева – 1 г/м<sup>2</sup>. С одного метра квадратного было получено 1,5 тыс. штук кондиционной рассады.

Второй этап включал в себя посадку рассады в открытый грунт. Осенью под зяблевую вспашку было произведено внесение органических удобрений в виде навоза крупного рогатого скота на солоmistой подстилке фоном в дозе 30 и 60 т/га. Минеральные удобрения (мочевина, аммофос и хлористый калий) вносили весной по делянкам вручную, вразброс.

На опытном поле УО «ГГАУ» в 3 декаде апреля в нарезанные гребни вручную выполнена посадка рассады: 3 растения на погонный метр с шириной междурядий 70 см. Схема посадки 70×30 см. Норма посадки 43 тыс. растений на 1 гектар.

В течение вегетации растений валерианы лекарственной в фазы 5–6 настоящих листьев, 10–12 настоящих листьев и в фазу прикорневой розетки проводился отбор растительных образцов (5 растений по диагонали деланки) и их анализ на физиологические показатели: сухая биомасса (весовой метод), листовая поверхность (компьютерная программа Лист), содержание в листьях хлорофилла а, b и каротина (спектрофотометрический метод). Уборка корней и корневищ проводилась в первой декаде октября ручным способом по деланкам с применением картофелекопателя. В корнях и корневищах определяли зольность (сжиганием в муфельной печи), содержание экстрактивных веществ (извлечением 70 % спиртом), содержание нитратов (ионометрическим методом).

Метеорологические условия вегетационного периода валерианы лекарственной в годы проведения исследований отличались между собой по температурным показателям и условиям увлажнения. Принимая во внимание, что валериана лекарственная является влаголюбивой культурой, наиболее благоприятные условия для ее роста и развития складывались в 2016 и 2017 гг. при близком к оптимальному и несколько избыточном увлажнении. Гидротермический коэффициент в эти годы составлял 1,28–1,65, что позволило представить результаты продукционного процесса, урожайности и качества корней и корневищ как среднее из двух лет исследований.

Вегетационный период 2018 года характеризовался неблагоприятными условиями для возделывания валерианы лекарственной по сравнению с предыдущими годами, что было связано с неравномерным выпадением осадков, наличием засушливого периода и превышением среднемесячных температур над среднеголетними данными на 2,0–4,2 °С (гидротермический коэффициент 1,07). Эти особенности определили отдельное обсуждение результатов исследований в 2018 году.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование урожайности и качественных показателей сельскохозяйственных культур обуславливаются темпами развития основного продукционного процесса – фотосинтеза, активность которого определяется физиологическими параметрами растений, значительная роль в создании которых принадлежит органическим и минеральным удобрениям. Особый интерес представляют данные по изменению этих показателей в течение вегетации растений для возможности создания модели высоко продукционного процесса на отдельных этапах роста и развития этой культуры.

В исследованиях установлено, что физиологические параметры растений валерианы лекарственной определялись уровнем минерального питания и условиями вегетационного периода (табл. 1).

При благоприятных условиях вегетационного периода минеральные и органические удобрения формировали значительную биологическую массу растений валерианы лекарственной, что в конечном итоге обеспечило получение высокой

урожайности корней и корневищ. Положительное действие навоза в большей степени проявлялось на более поздних этапах роста и развития: фаза 10–12 настоящих листьев и фаза прикорневой розетки. Повышение дозы с 30 до 60 т/га в первом случае увеличивало общую биологическую массу растений валерианы на 0,3 во втором – на 13,3 ц/га, в то время как в фазу 5–6 настоящих листьев – всего на 0,1 ц/га. Органические удобрения являются удобрениями длительного срока действия, и их влияние требует продолжительного периода времени и достаточных условий увлажнения, так как в 2018 г. (недостаток влаги) эти прибавки соответственно составили всего 0,1, 3,3 и 0,2 ц/га.

Таблица 1

**Влияние удобрений на накопление биомассы и развитие ассимиляционной поверхности**

Вариант	5–6 листьев		10–12 листьев		Прикорневая розетка	
	1*	2	1	2	1	2
Нормальные условия увлажнения, 2016–2017 гг. (среднее)						
Фон I – 30 т/га навоза	4,1	0,3	24,1	1,1	53,2	3,5
Фон I + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	4,1	0,3	25,1	1,3	64,0	3,7
Фон I + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	4,5	0,4	25,7	1,4	66,6	3,9
Фон I + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	4,3	0,4	26,3	1,6	68,1	4,2
Фон I + N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	4,6	0,5	26,4	1,8	69,0	4,6
Фон II – 60 т/га навоза	4,2	0,4	24,4	1,3	66,5	3,8
Фон II + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	4,2	0,4	25,2	1,5	79,3	4,1
Фон II + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	4,3	0,4	26,2	1,6	80,5	4,6
Фон II + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	4,8	0,5	27,4	1,9	87,6	4,9
Фон II + N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	4,8	0,6	28,9	2,2	89,4	5,2
Недостаток влаги, 2018 г.						
Фон I – 30 т/га навоза	3,2	0,1	13,5	0,5	44,5	1,7
Фон I + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	3,2	0,1	13,8	0,5	44,7	1,8
Фон I + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	3,3	0,2	15,5	0,7	47,0	2,0
Фон I + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	3,3	0,2	15,6	0,7	48,6	2,1
Фон I + N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	3,3	0,2	15,7	0,9	48,7	2,1
Фон II – 60 т/га навоза	3,4	0,2	13,6	0,6	47,8	2,2
Фон II + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	3,5	0,2	16,2	0,8	48,1	2,4
Фон II + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	3,6	0,3	16,7	1,1	53,9	2,7
Фон II + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	3,8	0,3	17,1	1,2	54,2	2,9
Фон II + N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	3,9	0,4	18,0	1,5	58,3	3,2

\* 1 – сухая биомасса растений, ц/га; 2 – индекс листовой поверхности (ИЛП).

Аналогичная закономерность в действии органических удобрений получена и в отношении ассимиляционной поверхности растений валерианы лекарственной. Индекс листовой поверхности (ИЛП) увеличивался в фазу 10–12 настоящих листьев на 0,2, в прикорневую розетку – на 0,3 единицы, в то время как в фазу 5–6 настоящих листьев – всего на 0,1 единицы (нормальные условия увлажнения).

Следует отметить, что ИЛП менее единицы (фаза 5–6 настоящих листьев) свидетельствует о том, что поверхность почвы не полностью закрывается листьями растений, поглощение квантов света в этот период крайне незначительно и процесс фотосинтеза имеет низкую эффективность.

Решающая роль в образовании биологической массы растений валерианы лекарственной и роста ИЛП принадлежит минеральным удобрениям. Повышение дозы удобрений с  $N_{30}P_{20}K_{40}$  до  $N_{120}P_{80}K_{160}$  на фоне 30 т/га навоза приводило к увеличению биомассы по фазам роста и развития на 0,5, 1,3 и 5,0 ц/га, на фоне 60 т/га – на 0,6, 3,7 и 10,1 ц/га. Индекс листовой поверхности увеличивался на фоне 30 т/га на 0,2, 0,5 и 0,9, на фоне 60 т/га – на 0,2, 0,7 и 0,9 единиц. Таким образом, наиболее благоприятные физиологические показатели (биомасса и ИЛП) в условиях нормального увлажнения получены на варианте с дозой навоза 60 т/га и высоком уровне минеральных удобрений  $N_{120}P_{80}K_{160}$ .

Отмеченные выше закономерности в действиях минеральных удобрений были зарегистрированы и в условиях недостатка влаги в 2018 году, однако абсолютные показатели физиологических параметров были ниже, чем в 2016–2017 гг. Накопление биомассы по вариантам опыта и по отдельным фазам снижалось в 1,20–1,82 раза, индекс листовой поверхности уменьшался в 1,33–3,00 раза. Снижение накопления биомассы отмечались в фазу 5–6 настоящих листьев на 19–39 %, индекса листовой поверхности – на 33–200 %, в то время как в фазу 10–12 настоящих листьев уменьшение составило 56–82 и 45–160 %, в фазу прикорневой розетки – 20–65 и 70–119 % соответственно. Таким образом, полученные данные позволяют предположить, что наибольшее негативное воздействие недостатка влаги на листовую аппарат растений валерианы лекарственной в онтогенезе проявляется на начальных этапах роста и развития растений – в фазу 5–6 настоящих листьев. В более поздние этапы растения адаптируются к таким условиям и могут отчасти восстановить потери ассимиляционной поверхности растений.

Значительным элементом продукционного процесса сельскохозяйственных растений является содержание и состав в листьях фотосинтетических пигментов, которые обеспечивают поглощение квантов света в световой фазе фотосинтеза. В исследованиях установлено изменение концентрации хлорофиллов а, b и каротина под действием органических и минеральных удобрений в наиболее продуктивную фазу вегетации – прикорневую розетку листьев.

Хлорофиллы а и b отличаются химическим составом и спектром поглощения света. По внешнему виду хлорофилл а имеет сине-зеленую окраску, хлорофилл b – светло-зеленую. Они отличаются спектрами поглощения. У первого максимум поглощения отмечается при длине волны 420 и 660 нм, у второго – при 435 и 643 нм, у каротина – при 425, 450 и 480 нм. Такой состав пигментов позволяет листьям растений наиболее полно поглощать кванты света и обеспечивать высокую интенсивность фотосинтеза.

При нормальных условиях увлажнения пигментный состав листьев валерианы лекарственной по всем вариантам опыта представлен преимущественно хлорофиллом а, на долю которого приходится от 53,2 до 59,4 % от содержания всех пигментов (табл. 2). На втором месте каротин – 21,5–26,9 %, на третьем хлорофилл b – 17,2–21,3 %. В условиях недостатка влаги общая закономерность в распределении пигментов сохранялась, однако структура менялась в пользу

увеличения содержания каротина (34,6–36,9 %) при снижении доли хлорофилла а (44,2–52,8) и хлорофилла b (12,7–19,0 %).

Неблагоприятные внешние условия в меньшей степени проявляются на более простых биологических структурах, которым является пигмент каротин  $C_{40}H_{56}$  состоящий из восьми остатков спирта изопрена. В большей степени недостаток влаги влияет на содержание хлорофилла а ( $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ ) и хлорофилла b ( $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ ), которые имеют сложную биологическую структуру и представлены эфирами хлорофиллиновой кислоты и спиртами – фитолом и метанолом.

Таблица 2

**Влияние уровня минерального питания на изменение пигментного состава листьев растений валерианы лекарственной (фаза прикорневой розетки листьев), % на сухую массу**

Вариант	2016–2017 гг. (среднее)				2018 г.			
	1*	2	3	4	1	2	3	4
Фон I – 30 т/га навоза	0,91	0,34	1,25	0,46	0,72	0,29	1,10	0,59
Фон I + $N_{30}P_{20}K_{40}$	1,07	0,31	1,38	0,42	0,85	0,24	1,09	0,59
Фон I + $N_{60}P_{40}K_{80}$	1,08	0,36	1,44	0,45	0,85	0,28	1,13	0,57
Фон I + $N_{90}P_{60}K_{120}$	1,11	0,37	1,48	0,44	0,91	0,22	1,13	0,60
Фон I + $N_{120}P_{80}K_{160}$	1,12	0,40	1,52	0,45	0,87	0,25	1,12	0,60
Фон II – 60 т/га навоза	0,95	0,32	1,26	0,44	0,72	0,31	1,03	0,60
Фон II + $N_{30}P_{20}K_{40}$	1,09	0,35	1,44	0,44	0,89	0,24	1,13	0,63
Фон II + $N_{60}P_{40}K_{80}$	1,12	0,37	1,49	0,43	0,94	0,22	1,16	0,62
Фон II + $N_{90}P_{60}K_{120}$	1,17	0,44	1,61	0,46	0,87	0,32	1,19	0,63
Фон II + $N_{120}P_{80}K_{160}$	1,27	0,41	1,68	0,46	0,94	0,25	1,19	0,65

\* 1 – хлорофилл а; 2 – хлорофилл b; 3 – сумма хлорофиллов; 4 – каротин.

Удобрения оказали определенное влияние на содержание фотосинтетических пигментов в листьях валерианы лекарственной, причем менее существенное действие получено при органических удобрениях. При нормальных условиях увлажнения повышение дозы навоза с 30 до 60 т/га приводило к росту содержания хлорофилла а на 0,04 процентных пунктов (ПП). Количество хлорофилла b снижалось на 0,02 ПП, каротина – снижалось на 0,02 ПП. При недостатке влаги концентрация хлорофилла b увеличилась на 0,02, каротина – на 0,01 ПП.

Гораздо более существенное влияние на пигментный состав оказали минеральные удобрения. При нормальных условиях увлажнения повышение уровня минеральных удобрений с  $N_{30}P_{20}K_{40}$  до  $N_{120}P_{80}K_{160}$  на фоне 30 т/га навоза приводило к росту концентрации хлорофилла а на 0,05, хлорофилла b – на 0,09, каротина – на 0,03 ПП, на фоне 60 т/га – соответственно на 0,18, 0,06, 0,02 ПП. При недостатке влаги действие минеральных удобрений было слабее. На фоне 30 т/га навоза прирост концентрации пигментов составил 0,02, 0,01 и 0,01 ПП, на фоне 60 т/га – 0,05, 0,01, 0,02 ПП соответственно. Таким образом, наиболее благоприятный пигментный состав листьев растений валерианы лекарственной в условиях нормального увлажнения получен на варианте с дозой навоза 60 т/га и высоким уровнем минеральных удобрений  $N_{120}P_{80}K_{160}$ .

Интенсивность образования органического вещества при формировании урожайности, обусловленная ростом продукционных параметров растений валерианы лекарственной под действием органических и минеральных удобрений, связана с отдельными показателями фотосинтетического процесса (табл. 3). Тесная корреляционная связь урожайности корней и корневищ валерианы лекарственной отмечена на более поздних этапах роста и развития (розетка листьев) при нормальных условиях увлажнения с показателями индекса листовой поверхности и с количеством биомассы. Наименее тесная – с общим содержанием хлорофилла и каротина в листьях растений.

Таблица 3

**Коэффициент корреляции между физиологическими параметрами растений валерианы лекарственной и урожайностью корней и корневищ**

Показатель	2016–2017 гг. (среднее)			2018 г.		
	5–7	10–12	розетка	5–7	10–12	розетка
Индекс листовой поверхности	0,92	0,96	0,96	0,70	0,76	0,58
Хлорофилл а + b	0,79	0,84	0,85	0,63	0,72	0,74
Каротин	0,66	0,81	0,82	0,26	0,38	0,38
Биомасса	0,88	0,90	0,84	0,52	0,76	0,70
Хлорофилловый индекс	0,96	0,94	0,98	0,87	0,84	0,82

Определенные перспективы в диагностике продукционного процесса принадлежат показателю хлорофиллового индекса, который представляет общее количество хлорофилла в растительной биомассе сельскохозяйственных растений, что является важнейшим параметром темпов образования органического вещества и формирования урожайности культур. Размерность хлорофиллового индекса (килограмм хлорофилла на гектар) особенно удобна для анализа, так как она соответствует размерности основных элементов минерального питания при обсуждении доз внесения, выноса, потребления и т. п., что обеспечивает однотипность подходов при исследовании закономерностей корневого и воздушного питания растений. Для целей практического использования величины хлорофиллового индекса в системе интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур необходимо, чтобы этот показатель имел тесную корреляционную связь с величиной продуктивности сельскохозяйственных растений, что в конечном итоге определяет величину урожайности. Ранее проведенные исследования [9] показали, что наиболее сильная корреляционная связь этого показателя с продуктивностью растений имеется на поздних этапах роста и развития валерианы лекарственной в августе. Это утверждение нашло подтверждение и в результатах данных исследований. Максимальная тесная связь урожайности корней и корневищ установлена с величиной хлорофиллового индекса на отдельных этапах роста и развития как при нормальных условиях увлажнения, так и при недостатке влаги ( $r = 0,94-0,98$  и  $0,82-0,87$ ) соответственно.

Оптимальные фотосинтетические показатели продукционного процесса, сформировавшиеся под влиянием органических и минеральных удобрений, в конечном итоге и определили величину урожайности корней и корневищ валерианы лекарственной (табл. 4) и их качество (табл. 5).

**Урожайность корней и корневищ валерианы лекарственной  
под действием удобрений**

Вариант	2016-2017 гг. (среднее)				2018 г.			
	1*	2	3	4	1	2	3	4
Фон I – 30 т/га навоза	33,4	–	–	–	26,4	–	–	–
Фон I + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	34,8	1,4	4,2	1,56	27,9	1,5	5,7	1,67
Фон I + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	40,9	7,5	22,5	4,17	32,9	6,5	24,6	3,61
Фон I + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	48,5	15,1	45,2	5,59	35,2	8,8	33,3	3,26
Фон I + N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	54,2	20,8	62,3	5,78	38,6	12,2	46,2	3,39
Фон II – 60 т/га навоза	43	–	–	–	26,7	–	–	–
Фон II + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	44,2	1,2	2,8	1,33	27,3	0,6	2,2	0,67
Фон II + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	49,1	6,1	14,2	3,39	33,4	6,7	25,1	3,72
Фон II + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	59,1	16,1	37,4	5,96	36,6	9,9	37,1	3,67
Фон II + N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	61,6	18,6	43,3	5,17	38,8	12,1	45,3	3,36
НСП <sub>05</sub>	2016 – 2,5 ц/га, 2017 – 2,9 ц/га				2,2 ц/га			

\* 1 – урожайность корней и корневищ, ц/га; 2 – прибавка к фону, ц/га; 3 – прибавка к фону, %; 4 – окупаемость 1 кг NPK, кг корней и корневищ.

Повышение дозы органических удобрений с 30 до 60 т/га увеличивало урожайность корней и корневищ на 9,6 при нормальных условиях увлажнения и всего на 0,3 ц/га при недостатке влаги, что тесно соотносится с физиологическими параметрами растений в эти годы. Наиболее высокую эффективность обеспечили минеральные удобрения при нормальных условиях увлажнения. На фоне 30 т/га навоза прибавка корней и корневищ составила 1,4–20,8 ц/га (4,2–62,3 %), на фоне 60 т/га – соответственно 1,2–18,6 ц/га и 2,8–43,3 %. В засушливых условиях эффективность минеральных удобрений была ниже. На первом фоне навоза прибавка 1,5–12,2 ц/га и 5,7–46,2 %, на втором – 0,6–12,1 ц/га и 2,2–45,3 % соответственно. Максимальный эффект от удобрений, независимо от условий увлажнения, был получен при дозе навоза 60 т/га и высоком уровне минеральных удобрений N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>160</sub>.

Эффективность применения минеральных удобрений определяется окупаемостью одного килограмма NPK полученной продукции. Этот показатель был максимальным при нормальных условиях увлажнения и на фоне 60 т/га навоза – 1,33–5,96, то время как в 2018 г. (недостаток влаги) – всего 0,67–3,72 кг корней и корневищ на 1 кг NPK. Наибольшая окупаемость была получена при повышенном (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>) и высоком (N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>160</sub>) уровне минеральных удобрений независимо от дозы навоза.

Одним из важнейших параметров качества лекарственного растительного сырья является его экстрактивность, стандартный показатель которого для корней и корневищ валерианы лекарственной по требованиям фармакопеи должен составлять не менее 25 % [10]. Под экстрактивными веществами понимают массу сухого остатка после упаривания вытяжки из лекарственного растительного сырья, полученной с помощью конкретного растворителя. Определение экстрактивных веществ в сырье проводят в тех случаях, когда на организм человека действует комплекс биологически активных соединений, как и в случае с валерианой лекарственной, а не отдельное химическое вещество.

## Качество корней и корневищ валерианы лекарственной

Вариант	2016–2017 гг. (среднее)			2018 г.		
	1*	2	3	1	2	3
Фон I – 30 т/га навоза	30,2	7,9	47,2	32,5	8,9	59,4
Фон I + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	31,4	8,4	49,1	32,7	9,3	65,2
Фон I + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	32,9	8,5	52,2	33,6	9,7	67,6
Фон I + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	33,3	8,8	53,8	35,2	9,9	69,3
Фон I + N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	34,0	9,2	55,0	36,4	10,4	70,2
Фон II – 60 т/га навоза	30,3	8,6	47,9	32,3	8,8	60,1
Фон II + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	32,6	9,2	52,7	32,6	9,5	65,0
Фон II + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	33,9	10,4	55,4	33,8	10,0	67,4
Фон II + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	34,2	11,6	55,9	35,5	10,0	68,4
Фон II + N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>160</sub>	34,6	12,0	63,1	36,1	10,3	70,0

\* 1 – экстрактивность, %; 2 – зольность, %; 3 – содержание нитратов, мг/кг.

В исследованиях установлено, что повышение активности продукционного процесса валерианы лекарственной за счет применения органических и минеральных удобрений увеличивало экстрактивность растительного сырья. В целом этот показатель превышал стандартный в 1,21–1,46 раза. Наиболее эффективными были минеральные удобрения, увеличение уровня которых с низкого N<sub>30</sub>P<sub>20</sub>K<sub>40</sub> до высокого N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>160</sub> приводило к повышению экстрактивности на 2,0–2,6 процентных пунктов (ПП) на фоне навоза при благоприятных условиях и на 3,5–3,7 ПП при недостатке влаги. Увеличение доз органических удобрений практически не повлияло на экстрактивность лекарственного растительного сырья.

Лекарственное растительное сырье содержит также и минеральные элементы, определенное количество которых является показателем качества продукции. Содержание общей золы не должно превышать 13 % (измельченное сырье) [10]. Таким образом, зольность характеризует накопление всех элементов минерального питания, исключая органогены (С, О, Н, N), которые при сжигании улетучиваются. Наиболее значимое влияние на зольность оказало повышение уровня минеральных удобрений. Прирост этого показателя составил 0,8–2,8 ПП в среднем за 2016–2017 гг. и 3,5–3,7 ПП в 2018 г. В условиях засухи и аридного климата концентрация зольных элементов увеличивается. В целом повышении зольности лекарственного растительного сырья следует признать негативным моментом, однако ни по одному варианту исследования этот показатель не превысил предельно допустимых значений.

Формирование качества растительного сырья тесно связано с азотным обменом в растениях, в том числе и с превращениями нитратного азота. Избыточное содержание нитрат-ионов, поступающих с пищей, в тканях человеческого организма под воздействием ферментов превращается в ионы нитрита, отравляющие организм и нарушающие тканевой газообмен (метгемоглобинемия). Кроме того, нитриты могут реагировать с аминами с образованием нитрозоаминов, которые обладают канцерогенными и мутагенными свойствами.

Содержание нитратов в растениеводческой продукции служит показателем качества при ее реализации на основании применяемых в Республике Беларусь предельно допустимых количеств этих соединений. Однако содержание нитратов в лекарственном растительном сырье не нормируется, поэтому доброкачественность сырья по этому показателю может быть оценена косвенно. Принимая во внимание, что предельная норма потребления нитратов организмом человека в сутки составляет около 200 мг [11] и фактическое содержание нитратов в корнях и корневищах валерианы (таблица 5), видим, что для превышения предельных количеств нитратов общее потребление лекарственного растительного сырья валерианы лекарственной в течение суток должно достигать около 3 кг, что является абсолютно нереальным.

Таким образом, можно говорить о безопасном уровне содержания нитратов в корнях и корневищах валерианы лекарственной в опытах, несмотря на отсутствие ПДК. Тем не менее, в исследованиях установлено, что активизация продукционного процесса растений валерианы, связанная с увеличением норм минеральных и органических удобрений, одновременно приводила к росту концентрации нитратной формы азота на 18–34 %.

## ВЫВОДЫ

Развитие продукционного процесса, формирование урожайности и качества корней и корневищ валерианы лекарственной обуславливаются фотосинтетическими параметрами растений, которые в свою очередь определяются уровнем применения органических, минеральных удобрений и особенностями вегетационного периода этой культуры. Наиболее благоприятные параметры для процесса фотосинтеза (биологическая масса, индекс листовой поверхности и содержание пигментов) создаются высоким уровнем питания (60 т/га навоза +  $N_{120}P_{80}K_{160}$ ) при нормальных условиях увлажнения и при недостатке влаги. Этот уровень обеспечивает максимальную по годам урожайность корней и корневищ в пределах 38,8–61,6 ц/га, рост экстрактивности сырья в 1,21–1,46 раза, повышение зольности и количества нитратов (негативный фактор) не выше предельных параметров фармакопеи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тарасенко, С. А.* Физиолого-биохимические основы высокой продуктивности лекарственных растений в агроценозах: монография / С. А. Тарасенко, С. В. Брилева, О. А. Белоус. – Гродно: ГГАУ, 2008. – 178 с.
2. Агробиологические особенности выращивания валерианы лекарственной в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь: монография / Г. М. Милоста [и др.]. – Гродно: ГГАУ, 2015. – 236 с.
3. Валериана – корень с корневищем. [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://agroservers.ru/b/valeriana-koren-s-kornevishhem-990547.htm>. – Дата доступа 25.10.2021.
4. *Новиков, Н. Н.* Биохимия растений: учебник / Н. Н. Новиков. – М.: ЛЕОНАД, 2019. – 680 с.
5. *Ламан, Н. А.* Физиологические аспекты теории высоких урожаев сельскохозяйственных культур / Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров // IV Съезд о-ва физиологов

растений России. Междунар. конф. «Физиология растений – наука III тысячелетия», Москва, 4–9 окт. 1999 г.: тез. докл. / Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева. – М., 1999. – Т. 1. – С. 268.

6. Ламан, Н. А. Концепция биологического потенциала в исследованиях продукционного процесса растений / Н. А. Ламан // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы II междунар. науч. конф., г. Минск, 5–8 дек. 2001 г. / Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск, 2001. – С. 3–7.

7. Семененко, Н. Н. Инновационные технологии применения азотных удобрений: теория, методология, практика / Н. Н. Семененко; Национальная академия наук Беларуси; Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: Альфа-книга, 2020. – 319 с.

8. Брилева, С. В. Влияние органических, минеральных удобрений и стимуляторов роста на урожайность и качество валерианы лекарственной: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / С. В. Брилева; Учреждение образования «Гродн. гос. аграр. ун-т». – Гродно, 2006. – 145 с.

9. Тарасенко, С. А. Физиолого-агрохимические особенности высокоинтенсивного продукционного процесса сельскохозяйственных культур в западном регионе Беларуси: монография / С. А. Тарасенко. – Гродно: ГГАУ, 2013. – 274 с.

10. Растения для нас: справ. изд. / К. Ф. Блинова [и др.]; под ред. Г. П. Яковлева, К. Ф. Блиновой. – СПб.: Учеб. кн., 1996. – 653 с.

11. Тиво, П. Ф. Нитраты: слухи и реальность / П. Ф. Тиво, Л. А. Саскевич. – Минск: Ураджай, 1990. – 150 с.

## THE INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE PRODUCTION PROCESS, YIELD AND QUALITY OF THE ROOTS AND RHIZOMES OF VALERIAN (VALERIANA OFFICINALIS)

S. A. Tarasenko, O. M. Anufric

### Summary

The most effective level of application of organic and mineral fertilizers (60 t/he of manure +  $N_{120}P_{80}K_{160}$ ) ensures the formation of optimal indicators of the production process of valerian plants (biological mass, leaf surface area, chlorophyll content) causes the formation of the maximum yield of roots and rhizomes within 38,8–61,6 c/he, the increase in the extractivity of raw materials in 1,21–1,46 times more than the standard, the increase in ash content and the amount of nitrates does not exceed the maximum permissible parameters.

Поступила 09.12.2021