

УДК 633.88:582.975:631.81.095.337(476.6)

А. Г. ТАРАСЕВИЧ¹, В. В. ЛАПА², Г. М. МИЛОСТА¹

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВАЛЕРИАНЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПРОДУКЦИЕЙ

¹*Гродненский государственный аграрный университет, Гродно, Беларусь*

²*Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: brissagro@biz.by*

(Поступила в редакцию 09.01.2015)

В последние годы в Республике Беларусь широкое распространение получает производство лекарственных препаратов на натуральной растительной основе. Из общего количества лекарственных средств, принятых фармакопеей, около 40 % составляют препараты растительного происхождения. Одной из наиболее востребованных лекарственных культур в нашей республике для производства таких препаратов является валериана лекарственная. Она содержит эфирные масла, валериановые кислоты, органические кислоты, алкалоиды и многие другие ценные органические вещества. Препараты, получаемые из валерианы лекарственной, оказывают положительное регулирующее влияние на нервную систему человека, сердечную мышцу, способствуют расширению коронарных сосудов и нормализуют кровообращение [1, 2].

Высокая активность продукционного процесса растений валерианы лекарственной является необходимым условием формирования большой урожайности корней этой культуры с высокими показателями качества получаемой продукции. На развитие продукционного процесса оказывают влияние факторы внешней среды и биологические особенности самого растительного организма. Большую роль в повышении продуктивности валерианы в почвенно-климатических условиях Беларуси играет оптимизация минерального питания. Выявление закономерностей потребления питательных элементов, изменения состава фотосинтетических пигментов и других процессов в течение вегетации растений валерианы лекарственной лежит в основе разработки комплекса приемов воздействия на растительный организм.

Валериана лекарственная – интенсивно удобряемая культура, что может обусловить накопление большого количества элементов питания в почве, однако не всегда оптимальное для растений. Более полную характеристику потребности валерианы в макро- и микроэлементах может дать изучение вопросов выноса этих элементов с урожаем основной и побочной продукции. Учет показателей выноса элементов питания позволит более обосновано планировать производство корней валерианы с наименьшими затратами и более высокой окупаемостью минеральных удобрений, прогнозировать потребность в удобрениях и изменение обеспеченности почв элементами питания, регулировать плодородие почв, охрану окружающей среды. Анализ литературных данных показал, что вынос элементов питания в значительной мере зависит от биологических особенностей сорта, агрохимических свойств почвы, особенностей агротехники, погодных условий, развития болезней и многих других факторов. Большое значение для получения высокого и качественного урожая валерианы имеет обеспеченность растений микроэлементами. Одним из критериев потребности в них являются показатели содержания их в растениях. Однако исследования, в этом направлении для данной культуры в нашей республике до настоящего времени не проводились [3–5].

Накопление основных элементов минерального питания в органах валерианы зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются: сортовые особенности, уровень плодородия почвы, температура в период вегетации, обеспеченность влагой и др. По количеству и соот-

ношению элементов питания в растениях валерианы можно судить об особенностях их роста, развития и формирования урожая. Минеральные элементы определяют важные качественные показатели корней и корневищ валерианы.

Материалы и методы исследования. Полевые исследования проводили в 2011–2013 гг. в КСУП «Совхоз «Большое Можейково» Щучинского района Гродненской области на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,5–0,6 м моренным суглинком. Схема посадки – 70×15 см. Норма посадки – 95 тыс. растений на 1 га. Сорт валерианы – Анастасия. Высадку рассады проводили в III декаде апреля в гребни с шириной междурядий 70 см.

Почва имеет следующие агрохимические показатели почвы: pH_{KCl} 6,2–6,4; гумус – 1,7–1,9 %, P_2O_5 – 180–203 и K_2O – 162–195 мг/кг почвы. По содержанию подвижных форм бора, меди и цинка почва относится к II (средней) группе обеспеченности. Микроудобрения вносили в форме Адоб бора, Адоб меди и Адоб цинка по вегетирующим растениям путем трехкратной некорневой подкормки в III декаде июня в фазу 3–4 настоящих листьев, в III декаде июля в фазу 5–6 настоящих листьев и III декаде августа в фазу 10–12 настоящих листьев.

В процессе ухода за растениями валерианы проводили междурядные обработки и прополки от сорняков. В период вегетации валерианы проводили фенологические наблюдения и отбор растительных образцов по основным фазам роста и развития. Наступление фенологических фаз проходило практически одновременно в 2011–2013 гг. (в пределах одной декады месяца): 3–4 настоящих листа – III декада июня; 5–6 настоящих листьев – III декада июля; 10–12 настоящих листьев – III декада августа; полная прикорневая розетка листьев – III декада сентября; окончание вегетации и уборка – II–III декада октября. Образцы растений (листья, корни), отобранные при уборке во II–III декаде октября, использовали для химического анализа и расчета общего и удельного выноса элементов питания.

В растительных образцах (шишках, листьях и стеблях) определяли: общий азот – методом Кьельдаля (ГОСТ 13496.4–93), фосфор – на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26657–97), калий – по Кирсанову на пламенном фотометре, бор – при помощи спектроколориметра, медь и цинк – на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Удельный вынос ($V_{уд}$) элементов питания рассчитывали по формуле:

$$V_{уд} = ЭП \cdot Y_k + \frac{ЭП \cdot Y_{ст}}{Y_k},$$

где ЭП – содержание элементов питания в корнях и листьях, %; Y_k , $Y_{ст}$ – урожайность воздушно-сухой массы корней и листьев соответственно, ц/га.

Для формирования высокого и качественного урожая валериана лекарственная требует в первую очередь оптимальных температур в период формирования надземной и подземной массы (15–20 °С в июне–сентябре). Следует отметить, что основным фактором погодных условий, оказывающим значительное влияние на количество и качество урожая валерианы лекарственной, является достаточная влагообеспеченность почвы, особенно в период активного формирования листовой массы (июль–август) и корневищ (август–сентябрь). В годы проведения исследований (2011–2013 гг.) температура и обеспеченность влагой были благоприятны для роста и развития валерианы лекарственной и соответствовали ее биологическим особенностям.

Результаты и их обсуждение. Анализ результатов исследований показал, что почвенно-климатические условия Беларуси соответствуют биологическим особенностям валерианы лекарственной для получения высокого и качественного урожая. Как видно из данных полевых опытов, на показатели содержания элементов питания существенное влияние оказывает внесение макро- и микроудобрений (табл. 1).

Установлено, что содержание азота в корнях и корневищах валерианы лекарственной составляет в среднем 1,89–2,28 %; P_2O_5 – 0,51–0,60 %; K_2O – 1,50–1,67 %; CaO – 1,16–1,29; MgO – 0,33–0,39. В листьях содержание элементов питания более высокое: N – 2,63–2,83; P_2O_5 – 1,41–1,51 %; K_2O – 3,30–3,63 %; CaO – 2,11–2,25; MgO – 0,69–0,72. В результате исследований установлено содержание элементов питания в различных органах растений (корни, корневища и листовая

Таблица 1. Содержание элементов питания в корнях и листовой массе валерианы лекарственной, среднее за 2011–2013 гг.

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B	Cu	Zn
	%					мг/кг		
<i>Корни и корневища валерианы</i>								
1. Фон (60 т/га навоза +N ₁₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀)	1,92	0,57	1,52	1,21	0,33	11,34	7,78	27,40
2. Фон + B _(0,15+0,15+0,15)	2,11	0,55	1,66	1,26	0,35	13,53	7,33	25,66
3. Фон + Cu _(0,15+0,15+0,15)	2,01	0,51	1,67	1,29	0,39	12,24	9,64	26,50
4. Фон + Zn _(0,15+0,15+0,15)	2,20	0,54	1,50	1,26	0,36	11,01	7,40	28,38
5. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1)	1,99	0,60	1,46	1,20	0,34	12,55	6,54	25,46
6. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	2,28	0,55	1,62	1,25	0,36	13,18	5,95	24,20
7. Фон + Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	2,21	0,59	1,49	1,20	0,35	10,51	6,46	27,54
8. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	1,89	0,56	1,59	1,16	0,33	11,42	7,99	24,83
<i>Листовая масса валерианы</i>								
1. Фон (60 т/га навоза +N ₁₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀)	2,65	1,45	3,48	2,14	0,70	13,48	9,28	28,61
2. Фон + B _(0,15+0,15+0,15)	2,63	1,44	3,63	2,20	0,71	14,55	8,94	26,79
3. Фон + Cu _(0,15+0,15+0,15)	2,68	1,41	3,53	2,25	0,72	13,68	10,26	25,75
4. Фон + Zn _(0,15+0,15+0,15)	2,83	1,51	3,39	2,19	0,71	12,93	9,54	33,50
5. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1)	2,74	1,47	3,30	2,13	0,70	13,81	9,47	25,71
6. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	2,79	1,47	3,60	2,18	0,71	14,33	9,04	28,25
7. Фон + Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	2,74	1,49	3,54	2,14	0,70	13,07	9,24	29,20
8. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	2,65	1,48	3,47	2,11	0,69	13,62	9,58	29,13

масса). Надземная часть растений характеризуется более высоким содержанием элементов питания, чем подземная. Процентное содержание азота в листьях в среднем в 1,4 раза выше, чем в корнях, содержание P₂O₅ в листьях в среднем в 2,5 раза выше, чем в подземных органах, содержание K₂O также наиболее высокое в листьях – в среднем в 2,3 выше, чем в корнях. При этом элементы питания в порядке убывания показателей их содержания расположились следующим образом: N > K > Ca > P > Mg.

Содержание микроэлементов в корнях составило: B – 10,51–13,53; Cu – 6,46–9,64; Zn – 24,20–28,38 мг/кг. В листьях содержание микроэлементов более высокое: B – 11,22–14,33; Cu – 8,94–10,26; Zn – 25,75–33,50 мг/кг. При этом микроэлементы в порядке убывания показателей их содержания расположились следующим образом: Zn > B > Cu. Более высокое содержание цинка в растениях обуславливает более высокую потребность в этом элементе валерианы лекарственной для увеличения ее урожайности и, как следствие, более высокую эффективность цинкового удобрения. Следует отметить, что микроэлементы по эффективности их влияния на увеличение урожайности корней валерианы также располагаются в следующем порядке убывания: Zn > B > Cu, при этом можно отметить тесную связь уровня содержания элемента в растении с отзывчивостью растения на внесение этого элемента. Так, высокая эффективность цинка обуславливается более высоким содержанием этого элемента в корнях валерианы и, соответственно, высокой потребностью в нем растений.

Данные содержания элементов питания в растениях послужили основой для расчета их общего выноса (корни, корневища и листовая масса) с единицы площади (табл. 2).

Проведенные исследования позволили определить абсолютные показатели выноса элементов питания на единицу площади в целом и отдельными частями растений. В среднем растения валерианы потребляли из почвы 135,3–184,9 кг/га азота, 55,9–69,9 кг/га P₂O₅; 143,0–177,8 кг/га K₂O; 96,4–120,1 кг/га CaO; 29,1–37,0 кг/га MgO; 74,7–101,7 г/га бора; 51,4–64,6 г/га меди; 171–210,7 г/га цинка. По количеству потребляемых элементов питания с единицы площади их можно расположить в следующем порядке убывания: K > N > Ca > P > Mg.

Макро- и микроудобрения оказали определенное влияние на содержание и вынос элементов питания растениями валерианы лекарственной. В среднем за три года в корнях под действием удобрений содержание элементов питания возрастало. Наиболее высокое содержание азота

Таблица 2. Общий вынос элементов питания валерианой лекарственной, среднее за 2011–2013 гг.

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B	Cu	Zn
	кг/га					г/га		
1. Фон (60 т/га навоза + N ₁₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀)	72,2/63,1	21,4/34,5	57,2/82,8	45,5/50,9	12,4/16,7	42,6/32,1	29,3/22,1	103,0/68,1
2. Фон + B _(0,15+0,15+0,15)	85,7/70,7	22,7/38,7	67,4/97,7	51,2/59,2	14,2/19,1	54,9/39,1	29,8/24,1	104,2/72,1
3. Фон + Cu _(0,15+0,15+0,15)	79,8/70,2	20,2/36,9	66,3/92,5	51,2/59,0	15,5/18,9	48,6/35,8	38,3/26,3	105,2/67,5
4. Фон + Zn _(0,15+0,15+0,15)	94,8/74,7	23,3/39,9	64,7/89,5	54,3/57,8	15,5/18,7	47,5/34,1	31,9/25,2	122,3/88,4
5. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1)	87,6/81,1	26,4/43,5	64,2/97,7	52,8/63,1	15,0/20,7	55,2/40,9	28,8/28,0	112,0/76,1
6. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	104,9/80,0	25,3/42,2	74,5/103,3	57,5/62,6	16,6/20,4	60,6/41,1	27,4/25,9	111,3/81,1
7. Фон + Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	93,7/73,2	25,0/39,8	63,2/94,5	50,9/57,1	14,8/18,7	44,6/34,9	27,4/24,7	116,8/78,0
8. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	83,7/76,3	24,8/42,6	70,4/99,9	51,4/60,8	14,6/19,9	50,6/39,2	35,4/27,6	110,0/83,9

Примечание. В числителе – вынос подземными органами, в знаменателе – надземными.

в надземных (2,20 и 2,28 %) и подземных (2,83 и 2,79 %) органах отмечалось в вариантах с внесением цинка и бора с цинком соответственно. Содержание фосфора в корнях возрастало при внесении бора с медью и цинка с медью до 0,60 и 0,59 % соответственно, а в листьях (до 1,51 %) – под влиянием цинка. Содержание калия возрастало под влиянием бора как в подземных, так и в надземных органах (до 1,66 и 3,63 % соответственно).

Максимальное содержание микроэлементов – бора, меди и цинка – в корнях и листьях отмечалось в вариантах с соответствующим внесением этих элементов некорневым способом.

Эффективное применение удобрений предполагает установление доз их внесения с учетом выноса соответствующих элементов питания основной и побочной продукцией в расчете на 1 т основной продукции (корни) с учетом побочной. В ходе исследований был рассчитан удельный вынос питательных элементов на 1 т основной продукции, который является одной из важнейших характеристик, отражающих затраты элементов минерального питания на формирование единицы основной и соответствующего количества побочной продукции. Этот показатель достаточно стабилен и мало зависит от условий окружающей среды, уровня почвенного плодородия, применяемых удобрений и других факторов, что позволяет использовать его для расчета доз минеральных удобрений балансовым методом. В наших исследованиях установлено, что с 10 ц корней и соответствующим количеством листовой массы валерианы лекарственной выносятся 36,0–40,2 кг азота; 14,4–15,9 кг фосфора; 35,8–40,7 кг калия; 25,3–27,8 кг кальция; 7,7–8,7 кг магния; 18,8–22,1 г бора; 11,6–16,3 г меди и 41,8–48,9 г цинка (табл. 3).

Установлено, что в среднем за три года исследований под действием микроудобрений удельный вынос питательных элементов колебался: по азоту – на 4,2 кг (11,7 %), фосфору – 1,5 кг (10,4 %),

Таблица 3. Удельный вынос элементов питания валерианой лекарственной, среднее за 2011–2013 гг.

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B	Cu	Zn
	кг/т					г/т		
1. Фон (60 т/га навоза + N ₁₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀)	36,0	14,9	38,0	25,6	7,7	19,9	13,7	45,5
2. Фон + B _(0,15+0,15+0,15)	38,5	15,1	40,7	27,2	8,2	23,2	13,3	43,4
3. Фон + Cu _(0,15+0,15+0,15)	37,8	14,4	40,0	27,8	8,7	21,3	16,3	43,5
4. Фон + Zn _(0,15+0,15+0,15)	39,3	14,7	35,8	26,0	7,9	18,9	13,3	48,9
5. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1)	38,3	15,9	36,8	26,3	8,1	21,8	12,9	42,8
6. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	40,2	14,7	38,7	26,1	8,0	22,1	11,6	41,8
7. Фон + Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	39,4	15,3	37,2	25,5	7,9	18,8	12,3	45,9
8. Фон + B _(0,1+0,1+0,1) Cu _(0,1+0,1+0,1) Zn _(0,1+0,1+0,1)	36,1	15,2	38,4	25,3	7,8	20,3	14,2	43,8

калию – 4,9 кг (13,7 %), кальцию – 2,5 кг (9,9 %), магнию – 1,0 кг (13,0 %), бору – 3,3 г (17,6 %), меди – 4,7 г (40,5 %), по цинку – на 7,1 г (17,0 %).

Результаты химического анализа растений показали отсутствие определенной стабильности содержания элементов питания и удельного выноса элементов питания по вариантам опыта. Как подчеркивает С. В. Брилева [2], это может быть обусловлено тем, что валериана лекарственная при возделывании в условия высокой концентрации элементов минерального питания активно поглощала их, но определенная часть элементов не использовалась для биосинтеза и оставалась в «запасе или резерве», концентрируясь в основном в вакуолях растительных клеток. При проведении химического анализа растений этот резерв фиксировался, а в процессе расчетов удельного выноса на единицу продукции отмечались колебания этих показателей.

Таким образом, вынос элементов питания в значительной мере зависит и меняется от применения макро- и микроудобрений. Данные по выносу элементов минерального питания позволят более эффективно применять удобрения при возделывании валерианы лекарственной в конкретных почвенно-климатических условиях Беларуси.

Анализ данных по выносу элементов питания с единицы площади показал, что основная доля фосфора (62,7 %), калия (59,4 %), кальция (53,1 %) и магния (62,1 %) от общего выноса выносятся с листьями. Следует отметить, что перед уборкой урожая листовая масса срезается и остается на поле, поэтому большая часть фосфора, калия, кальция и магния возвращается в почву. Лишь вынос азота подземными (54,4 %) органами несколько выше, чем надземными (45,6 %), хотя в целом азот сосредоточен приблизительно поровну в листьях и корнях.

Основная доля бора (57,7 %), меди (57,1 %) и цинка (60,2 %) выносятся с корнями. Эти элементы безвозвратно выносятся из почвы и для бездефицитного их баланса должны возвращаться с соответствующими микроудобрениями.

Таким образом, основная часть фосфора, калия, кальция и магния выносятся листьями, большая часть бора, меди и цинка – корнями. Азот сосредоточен приблизительно поровну в листьях.

Выводы

1. Содержание азота в корнях валерианы лекарственной составляет в среднем 1,89–2,28 %; P_2O_5 – 0,51–0,60 %; K_2O – 1,50–1,67 %; CaO – 1,16–1,29; MgO – 0,33–0,39. В листьях содержание элементов питания более высокое: N – 2,63–2,83; P_2O_5 – 1,41–1,51 %; K_2O – 3,30–3,63 %; CaO – 2,11–2,25; MgO – 0,69–0,72.

2. Процентное содержание азота в листьях в среднем в 1,4 раза выше, чем в корнях, содержание P_2O_5 в листьях в среднем в 2,5 раза выше, чем в подземных органах, содержание K_2O также наиболее высокое в листьях – в среднем в 2,3 выше, чем в корнях. При этом элементы питания в порядке убывания показателей их содержания располагались следующим образом: $N > K > Ca > P > Mg$.

3. В среднем растения валерианы потребляли из почвы 135,3–184,9 кг/га азота; 55,9–69,9 кг/га P_2O_5 ; 143,0–177,8 кг/га K_2O ; 96,4–120,1 кг/га CaO ; 29,1–37,0 кг/га MgO ; 74,7–101,7 г/га бора; 51,4–64,6 г/га меди и 171–210,7 г/га цинка. По количеству потребляемых элементов питания с единицы площади их можно расположить в следующем порядке убывания: $K > N > Ca > P > Mg$.

4. Содержание микроэлементов в корнях составило: В – 10,51–13,53; Cu – 6,46–9,64; Zn – 24,20–28,38 мг/кг. В листьях содержание микроэлементов более высокое: В – 11,22–14,33; Cu – 8,94–10,26; Zn – 25,75–33,50 мг/кг. При этом микроэлементы в порядке убывания располагались следующим образом: $Zn > B > Cu$.

5. Установлено, что с 1 т корней и соответствующим количеством листовой массы валерианы лекарственной выносятся 36,0–40,2 кг азота; 14,4–15,9 кг фосфора; 35,8–40,7 кг калия; 25,3–27,8 кг кальция; 7,7–8,7 кг магния; 18,8–22,1 г бора; 11,6–16,3 г меди и 41,8–48,9 г цинка. Основная часть фосфора, калия, кальция и магния выносятся листьями, большая часть бора, меди и цинка – корнями.

Литература

1. Брилева, С. В. Потребление основных элементов минерального питания растениями валерианы в течение вегетации / С. В. Брилева // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / Грод. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2005. – Т. 4, ч. 1. – С. 15–18.
2. Семенихин, Д. И. Биологические особенности роста и развития валерианы лекарственной, зверобоя продырявленного в совместных посевах с однолетними культурами : дис. канд. биол. наук : 06.01.13 / Д. И. Семенихин. – М., 2007. – 169 л.
3. Анспок, П. И. Микроудобрения / П. И. Анспок. – Ленинград : Агропромиздат, 1990. – 272 с.
4. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Урожай, 1995. – 480 с.
5. Система применения удобрений : учеб. пособие / В. В. Лапа [и др.]; под науч. ред. В. В. Лапы. – Гродно : ГГАУ, 2011. – 416 с.

A. G. TARASEVICH, V. V. LAPA, G. M. MILOSTA

CHEMICAL COMPOSITION OF VALERIAN AND REMOVAL OF MINERAL NUTRITION ELEMENTS

Summary

The removal of macro and micro elements has been determined as a result of field research on sod-podzol sandy soils spread with thin loam in Grodno region.

It's established that on average valerian consumes from soil 135.3–184.9 kg/hectare of nitrogen; 55.9–69.9 kg/ha of P_2O_5 ; 143.0–177.8 kg/ha of K_2O ; 96.4–120.1 kg/ha of CaO; 29.1–37.0 kg/hectare of MgO; 74.7–101.7 g/ha of boron, 51.4–64.6 g/ha of copper and 171.0–210.7 g/ha of zinc. In respect of the quantity of the consumed nutrition elements per unit of area they can be put in the order of decrease: $K > N > Ca > P > Mg$. Per 10 c of roots and rhizomes leaves of valerian remove 36.0–40.2 kg of nitrogen; 14.4–15.9 kg of phosphorus; 35.8–40.7 kg of potassium; 25.3–27.8 kg of calcium; 7.7–8.7 kg of magnesium; 18.8–22.1 of boron; 11.6–16.3 of copper and 41.8–48.9 of zinc. The main part of phosphorus, potassium, calcium and magnesium is removed by leaves, most boron, copper and zinc – by roots and rhizomes.