

Ж.А.Рупасова, доктор биологических наук

В.А.Игнатенко, Л.В.Кухарева Т.И.Василевская, кандидаты биологических наук

Е.Н.Матюшевская, младший научный сотрудник

Центральный ботанический сад НАНБ

УДК 633.88:581.192(476)

Особенности минерального состава растений многоколосника морщинистого (*Agastache rugosa* (Fisch. Et Mey) в условиях Беларуси

Установлены параметры накопления и основные закономерности в сезонной динамике пяти макроэлементов – азота, фосфора, калия, кальция, магния, а также общей золы в отдельных органах и надземной фитомассе растений многоколосника морщинистого при интродукции в почвенно-климатических условиях Беларуси.

Показаны различия в дневной динамике на стадии массового цветения.

В процессе многолетних интродукционных исследований в ЦБС НАН Б было установлено, что весьма перспективным объектом для изучения в качестве источника лекарственного сырья для разработки лечебных и профилактических препаратов разностороннего фармакологического действия является многоколосник морщинистый.

Принимая во внимание большое значение химических элементов для жизнедеятельности растительного организма [1–6], а следовательно, и для человеческого, поскольку растения являются главным поставщиком минеральных веществ, представляется целесообразным изучение сезонной динамики содержания пяти основных макроэлементов (азота, фосфора, калия, кальция и магния), а также показателя зольности в надземных органах многоколосника морщинистого.

Исследования проводились на растениях 3-го года развития, выращенных на участке систематики растений ЦБС НАН Б на хорошо окультуренной дерново-подзолистой почве. Отбор растений осуществлялся в основные фазы их сезонного развития – вегетации, массовой бутонизации, массового цветения и плодоношения (созревания семян).

В оптимальный срок заготовки лекарственного сырья в фазу массового цветения пробы отбирались в 9⁰⁰, 12⁰⁰ и 15⁰⁰ час.

Количественные определения интересующего нас спектра химических элементов производились по общепринятым методам получения аналитической информации [7, 8] в 3-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности. Данные обработаны с помощью методов вариационной статистики [9, 10]. При этом средняя квадратичная ошибка среднего не превышала 2%.

Полученные экспериментальные данные показали, что на вегетативной стадии развития растений, отличавшейся высоким содержанием азота в надземной фито-

*Accumulation parameters and main regularities have been determined in seasonal dynamics of five macronutrients – nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium as well as common ash in some organs and overground mass of *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey) under introducing in soil and climatic conditions of Belarus.*

Differences in the content of ash substances in hay mass of the plant are shown in daily dynamics at the stage of mass flowering.

массе (до 2,75%), наиболее активно его локализация протекала в листьях – до 3,13% (табл.) С наступлением бутонизации наиболее высокий уровень элемента отмечался уже в генеративных органах, причем на протяжении вегетационного периода происходило выраженное обеднение всех частей растений азотом, что привело в конечном итоге к падению его содержания на этапе плодоношения, по сравнению с вегетативной фазой развития в листьях – в 2,8 раза, в стеблях – в 4,0, в соцветиях – в 1,7, а в надземной массе в целом – в 3,4 раза.

Из-за различий темпов этого снижения с момента вступления растений в репродуктивный период основная аккумуляция элемента наблюдалась уже не в листьях, а в бутонах и соцветиях, причем до фазы плодоношения разрыв в содержании азота между ассимилирующими и генеративными органами заметно увеличивался. Наиболее обедненными им частями растений на протяжении периода наблюдений оставались стебли растений. Что же касается уровня элемента в дневной динамике на стадии цветения, то он отличался известной стабильностью, варьируя в пределах аналитической ошибки.

Содержание фосфора в надземной фитомассе многоколосника морщинистого в среднем оказалось в 5–10 раз ниже, чем азота, что отнюдь не свидетельствует о меньшей физиологической роли данного элемента. Известно, что он участвует в построении важнейших органических соединений, являющихся резерватами энергии, а также выполняет ряд других жизненно важных функций в метаболизме растений [2].

Как и у предыдущего элемента, наиболее активно аккумуляция фосфора в тканях растений протекала на вегетативной стадии их развития, что обусловило наиболее высокое его содержание за период наблюдений в надземной фитомассе – до 0,28% (табл.) Подобно азоту, в это время наиболее обеспеченными фосфором органами растений являлись листья. Но начиная с фазы бу-

тонизации, доминирующая роль в его накоплении перешла к генеративным органам, причем наименьшим содержанием элемента в течение вегетационного периода отличались стебли растений. Заметим, что в сезонной динамике данного элемента, как и азота, прослеживалась выраженная тенденция к снижению его уровня к концу сезона. Так, в листьях его снижение составило 1,6 раза, в стеблях – 2,6, в генеративных органах – 1,3, а в надземной массе в целом – 2,0 раза. В дневной динамике элемента на стадии массового цветения заметных колебаний его уровня, как и азота, установлено не было.

Относительное содержание калия во всех компонентах надземной фитомассы многоколосника морщинистого (за исключением листьев в фазы вегетации и бутонизации) заметно превышало содержание азота (табл.), но поведение его в период наблюдений было менее динамичным, несмотря на присутствие значительной его части в ионной форме, сообщающей высокую подвижность [11]. При этом, в отличие от азота и фосфора, на протяжении большей части вегетационного периода содержание калия в стеблях было существенно (в 1,3–1,6 раза) выше, чем в листьях, уступая только генеративным органам. Заметим, что разрыв в степени аккумуляции элемента между листьями и стеблями заметно сокращался в процессе сезонного развития растений, то есть по мере старения стеблей.

Это явление объясняется тем, что при всей полифункциональности иона калия в растениях, участвующего в процессах фотосинтеза, дыхания, синтеза белков [12],

наиболее важно участие его в транспорте ассимилятов, в том числе и углеводов [13]. Этим и обусловлено предпочтительное накопление калия в самых молодых, активно метаболизирующих побегах растений, по сосудистым системам которых транспортируются сахара.

Если для стеблей и соцветий многоколосника был характерен однотипный ход изменений уровня элемента в сезонной динамике, заключавшийся в его снижении на протяжении вегетации, то в листьях (после выраженного оттока калия в период бутонизации, связанного с необходимостью его участия в формировании репродуктивной сферы) уже на стадии цветения наблюдалось некоторое усиление аккумуляции, темпы которой заметно возрастали в фазу созревания семян. Разумеется, различия сезонного хода накопления элемента в отдельных органах растений сгладивали уровень его содержания в надземной фитомассе в целом, в результате чего на протяжении вегетации он не подвергался существенным изменениям и общее его снижение за период наблюдений не превысило 1,1 раза. Дневная динамика калия в фазу массового цветения, как и у двух предыдущих элементов, оказалась невыразительной (в пределах точности наблюдений).

Основная аккумуляция калия протекала в листьях многоколосника морщинистого, поскольку его содержание в них, варьируя в диапазоне от 1,63 до 2,20%, превышало таковое в стеблях и генеративных органах (табл.).

Таблица. Содержание золы и макроэлементов в надземных органах многоколосника морщинистого на разных этапах сезонного развития, % сухой массы

Дата отбора проб	Фаза развития	Части растений	N	P	K	Ca	Mg	Сумма макроэлементов	Зола
23.05	Вегетация	Лист	3,13	0,30	2,34	1,83	0,62	8,22	16,56
		Стебель	1,77	0,21	3,84	1,20	0,36	7,38	10,40
		Надземная масса	2,75	0,28	2,76	1,66	0,55	8,00	14,83
8.07	Массовая бутонизация	Лист	2,38	0,19	1,65	1,95	0,41	6,58	7,51
		Стебель	0,76	0,14	2,53	0,78	0,18	4,39	4,12
		Бутон	2,59	0,36	3,77	0,75	0,30	7,77	8,37
		Надземная масса	1,46	0,16	2,24	1,23	0,27	5,36	4,71
17.07	Массовое цветение 9 ⁰⁰	Лист	1,60	0,21	1,85	1,63	0,59	5,88	7,30
		Стебель	0,55	0,16	2,40	0,60	0,24	3,95	6,45
		Соцветие	2,23	0,37	3,57	0,63	0,26	7,06	8,34
		Надземная масса	0,96	0,19	2,33	0,88	0,34	4,70	6,82
	12 ⁰⁰	Лист	1,68	0,21	1,87	1,63	0,60	5,99	6,45
		Стебель	0,55	0,16	2,43	0,63	0,26	4,03	5,58
		Соцветие	2,30	0,37	3,60	0,63	0,39	7,29	7,43
		Надземная масса	0,99	0,19	2,35	0,90	0,37	4,80	5,95
	15 ⁰⁰	Лист	1,65	0,19	1,87	1,68	0,56	5,95	7,66
		Стебель	0,55	0,14	2,45	0,60	0,24	3,98	4,30
		Соцветие	2,19	0,34	3,60	0,65	0,42	7,20	8,16
		Надземная масса	0,97	0,16	2,37	0,90	0,35	4,75	5,50
2.09	Созревание семян	Лист	1,13	0,19	2,34	2,20	0,45	6,31	11,0
		Стебель	0,44	0,08	2,17	0,68	0,23	3,60	4,68
		Соцветие	1,56	0,27	3,12	0,70	0,42	6,07	8,43
		Надземная масса	0,81	0,14	2,44	0,84	0,30	4,53	6,36

Сезонный ход накопления данного элемента характеризовался снижением его уровня во всех надземных органах в фазу цветения, что сопровождалось обеднением им фитомассы в целом. Однако в период созревания семян отмечалось повышение его содержания во всех ее компонентах, особенно в листьях. Накопление кальция в растительных тканях на заключительных этапах онтогенеза объясняется его слабой реутилизацией в процессе роста организма [14]. Однако несмотря на это, из-за увеличения в структуре надземной фитомассы, в сравнении с предыдущим этапом развития, доли органов с невысоким его содержанием (стебли, соцветия), результирующие показатели накопления элемента по фитомассе в целом оказались несколько ниже, чем в фазу цветения.

Дневной ход его накопления в период цветения, как и у предыдущих элементов, отличался практически полным отсутствием динамики во всех органах растений.

Подобно кальцию, основная аккумуляция магния также осуществлялась в листьях многоколосника морщинистого. Его уровень в них колебался в течение сезона вегетации в диапазоне от 0,62% в вегетативную фазу до минимальных значений — 0,41% в фазу бутонизации, занимая промежуточное положение в фазы массового цветения и созревания семян (табл.). В генеративных органах его содержание было выше, чем в стеблях. Наиболее низкие результирующие показатели его накопления для фитомассы в целом отмечены на стадиях бутонизации и созревания семян (0,27 и 0,30%).

Дневной же ход накопления элемента в фазу массового цветения отличался слабой выразительностью в вегетативных органах, но в то же время отчетливой тенденцией к увеличению содержания (в 1,6 раза) с 9⁰⁰ до 15⁰⁰ час. — в генеративных.

Дифференцированное рассмотрение сезонной динамики отдельных макроэлементов в растениях многоколосника морщинистого не дает все же общего представления об основных тенденциях в данном процессе, по сравнению с их суммарными показателями. Если сложить уровни накопления всех пяти рассмотренных выше макроэлементов на основных этапах сезонного развития растений, то можно заключить, что наиболее высоким их общим содержанием (8,22%) характеризовались листья в вегетативную фазу, а также генеративные органы (до 7,77%) в фазу бутонизации. Наиболее обедненными макроэлементами на протяжении периода наблюдений оставались стебли растений (табл.).

Если сравнить две крайние позиции, соответствующие суммарному содержанию пяти макроэлементов в надземной фитомассе растений в начале и конце сезона вегетации, то нетрудно убедиться в его направленном снижении (от 8,00 до 4,53%), что объясняется своеобразным "эффектом разбавления" за счет несоответствия темпов биосинтеза органической массы и аккумуляции в ней химических элементов, а также их оттоком из надземной сферы в конце вегетации. Заметим, что с подобным явлением мы сталкивались и при изучении сезонной динамики макроэлементов в других растительных объектах [15–18].

В дневном ходе суммарного их накопления в фазу массового цветения практически полностью отсутствовали сколь-либо выраженные изменения.

Об общем содержании минеральных веществ в лекарственных растениях судят по показателю зольности, который колеблется в широких (от 3 до 25%) пределах в зависимости от вида сырья. Содержание общей золы, получившейся в результате озоления растительного материала вегетативных органов многоколосника морщинистого на протяжении сезона вегетации, изменялось в достаточно широком диапазоне значений: в листьях — от 7,3 до 16,6%, в стеблях — от 4,1 до 10,4% сухой массы (табл.). В генеративных органах показатель зольности отличался большей стабильностью и поддерживался на уровне, несколько превышавшем 8%. Как правило, содержание золы превышало суммарный уровень макроэлементов, но в отдельных случаях (стебли в фазу бутонизации) оно незначительно уступало ему. Это объясняется возгонкой азота и частичными потерями других элементов в процессе озоления растительного материала.

Наибольший уровень зольности в надземной фитомассе в целом (14,83%) отмечен в фазу вегетации. Однако на стадии массовой бутонизации наблюдалось его резкое (в 3,1 раза) снижение с последующим возрастанием в фазу массового цветения, причем достигнутый уровень сохранялся до конца сезона.

В дневном ходе изменений содержания золы в надземной фитомассе многоколосника на стадии массового цветения прослеживалась выраженная тенденция к его снижению с 9⁰⁰ до 15⁰⁰ час. Это свидетельствовало не только об активном протекании минерального обмена в тканях растений в указанный промежуток времени, но и значительном превышении темпов биосинтеза ряда органических соединений относительно темпов поступления в них зольных веществ, что снижало долевое участие последних в химическом составе надземной фитомассы.

Таким образом, изучение особенностей формирования минерального состава растений многоколосника морщинистого в сезонном цикле развития показало, что основная аккумуляция основных макроэлементов, за исключением калия, осуществлялась в ассимилирующих и генеративных органах. При этом для азота, фосфора и кальция было установлено преимущественное снижение содержания в надземной фитомассе в течение вегетационного периода, тогда как для калия и магния — преобладание накопительных тенденций в сезонной динамике.

В дневном ходе накопления на стадии массового цветения наиболее высокий уровень зольных веществ в надземной фитомассе растений установлен в полдень.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов А.А., Олюнина Л.Н., Салина Л.А., Щелокова А.Ф. // Азотный и белковый обмен: Тр. Всесоюз. симпозиума. — Тбилиси, 1978. — С. 55–56.
2. Туева О.Ф. Фосфор и питание растений. — Москва, 1966.
3. Воробьев Л.Н. // Ионный транспорт в растениях. — Киев, 1980. — С. 103–111.

4. Ониани О.Г., Авалиани Р.Г.// Сб. статей к 6-му Всесоюз. съезду почвоведов. – Тбилиси, 1981. – С. 196–202.

5. Poovaiah B.W.// Hort. Science. – 1985. – Vol. 20, № 3. – P. 347–352.

6. Шкляев Ю.Н. Магний в жизни растений. – Москва, 1981.

7. Ермаков А.И. и др. Методы биохимического исследования растений. – Ленинград, 1987.

8. Фоменко К.П., Нестеров Н.Н.// Химия в сельском хозяйстве. – 1971. – № 10. – С. 72–74.

9. Лакин Г.Ф. Биометрия. – Москва, 1980.

10. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. – Ленинград, 1984.

11. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. – Киев, 1973.

12. Берштейн Б.И., Оканенко А.С.// Физиология и биохимия культурных растений. – 1979. – Т. 11, № 6. – С. 515–526.

13. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении. – Москва, 1976.

14. Ильин В.Б. Элементный химический состав растений. – Новосибирск, 1985.

15. Сидорович Е.А., Рупасова Ж.А.// Бюлл. ГБС. – 1988. – Вып. 147. – С. 50–53.

16. Рупасова Ж.А., Летковский В.П., Вечер Н.Н.// Известия НАН Б. Сер.биол.наук. – 1993. – № 3. – С. 20–24.

17. Рупасова Ж.А., Русаленко В.Г., Игнатенко В.А.// Известия НАН Б. Сер.биол.наук. – 1994. – № 2. – С. 3–9.

18. Рупасова Ж.А., Русаленко В.Г., Игнатенко В.А.// Известия НАН Б. Сер.биол.наук. – 1994. – № 3. – С. 6–11.