

УДК (635.61/.63+635.654.3):581.19:631.544

МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВИГНЫ, КИВАНО, МОМОРДИКИ И БЕНИНКАЗЫ ПРИ ТЕПЛИЧНОМ ВЫРАЩИВАНИИ



Наумова Н.Б.¹ – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии

Фотев Ю.В.² – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории интродукции пищевых растений

Бугровская Г.А.¹ – ведущий инженер лаборатории агрохимии

Белюсова В.П.² – научный сотрудник лаборатории интродукции пищевых растений

¹ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, дом 8/2

E-mail: nnaumova@mail.ru, тел. (383)363-90-39

² Центральный Сибирский Ботанический сад СО РАН

630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101

E-mail: fotev@online.nsk.su, тел. (383)339-97-41

Проведена оценка макро- (С, N, P, S) и микроэлементного состава различных компонентов фитомассы новых для России овощных культур (вигны, кивано, момордики и бенниказы), выращенных в условиях необогреваемой пленочной теплицы ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск. Выявленные низкая концентрация серы и широкое атомное соотношение азота к сере в фитомассе овощных культур свидетельствует о недостаточном снабжении растений этим макроэлементом за счет удобрений и торфосубстратов. Плоды кивано отличаются повышенным содержанием K, Ca, Mg, Zn, Fe, Si и Ni и являются ценным источником этих элементов, заслуживающим усилий по распространению культуры в нашей стране.

Ключевые слова: вигна, кивано, момордика, бенниказа, содержание микроэлементов, содержание макроэлементов, фитомасса.

Введение

Вигна, кивано, момордика и бенниказа являются перспективными для России овощными интродукцентами [2]. Потребительские качества культур включают их выдающуюся способность к продолжительному хранению (кивано, бенниказа) и многообразию способов переработки продукции (вигна, момордика, бенни-

каза). Они являются ценным источником разнообразных биоактивных веществ, оказывающих оздоравливающее действие.

Значительную долю биомассы большинства сельскохозяйственных культур составляют растительные остатки [9], как надземные, так и подземные, которые не используются в качестве продуктов/корма и/или сы-

рья. Рост популярности продукции органического земледелия обусловил и рост внимания к использованию растительных остатков после сбора и переработки товарной части растения. Оработка таких технологий важна для интродукции овощных культур, а для этого нужны сведения об их химическом составе. Целью работы была оценка макро- и микроэлементного

состава различных частей растений новых для России овощных культур семейств *Fabaceae* и *Cucurbitaceae*.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовали растения вигны сорта Сибирский размер, кивано сорта Зеленый дракон, момордики сорта Гоша и бенинказы сорта Акулина, созданные в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН. Для сравнения использовали растения традиционных овощных культур – сорта огурца Регина и томата Зырянка.

Растения выращивали в весенней необогреваемой пленочной теплице в вегетационный период 2013 года. Весной перед боронованием почвы в грунт вносили минеральное комплексное удобрение в дозе 90 г /м² с соотношением NPK 1 : 2 : 1. Площадь учетной делянки 5,2 м². Растения размещали однострочно: 4,6 раст./м² (вигна), 1,9 раст./м² (кивано, момордика), 1,2 раст./м² (бенинказа). Семена на рассаду высевали 25 апреля. Горшечную рассаду в возрасте 25-27 суток высаживали в грунт теплицы 25 мая. Растения формировали на вертикально расположенной пластиковой сетке (вигна, кивано) и с подвязкой растений шпагатом к горизонтальной шпалере на высоте 1,8-1,9 м (бенинказа, момордика). Отбор образцов фитомассы (корни, стебли, листья и плоды) проводили в период массового плодоношения. Объединенную пробу формировали из 4-х точечных проб с разных участков делянок [1].

Образцы фитомассы высушивали при 65°C в течение 12 часов с принудительной вентиляцией. Высушенную массу измельчали в ступке и тщательно перемешивали, после чего отбирали аликвоты для анализа. Содержание общего азота (N_{общ}), углерода (C_{общ}) и

серы (S_{общ}) определяли с помощью элементного (CHN) анализатора Perkin Elmer 2400 (Уолтхэм, США). Общее содержание некоторых макро- и микроэлементов и тяжелых металлов (K, Na, Ca, Mg, Zn, Cd, Cu, Fe, Mn, Co, Ni, Sr, Li, Pb) определяли после сухого озоления растительного материала при 500°C в течение 4 часов с помощью атомно-адсорбционного спек-



Момордика, сорт Гоша



трофотометра. Все анализы выполняли в 3-х кратной повторности.

Полученные данные анализировали методами описательной статистики, дисперсионного анализа и анализа главных компонент с помощью статистического пакета *Statistica 6.0*.

Результаты и их обсуждение

Содержание и атомные соотношения основных макроэлементов в фитомассе изученных овощных культур представлено в таблицах 1 и 2, соответственно. Полученные для плодов величины совпадают с имеющимися в базах данных по продуктам питания [11]; сведений о концентрации этих макроэлементов в других частях растений немного, и они отрывочны.

Вигна превышает по концентрации C и N огурец (P=0,023), бенинказу (P=0,036), кивано (P=0,05) и томат (P=0,008). Однако это превышение не пропорционально, что привело к существенно более широкому соотношению C/N у вигны (табл.2). В среднем по всем культурам выявленное более широкое C/N в корнях и плодах свидетельствует о вторичном росте и продукции вторичных метаболитов [7].

Содержание N и P в тканях растений влияет на экосистемные функции и основанные на них агротехнологические приемы, поскольку эти макроэлементы определяют рост и разложение фитомассы, а также потенциал ее потребления другими организмами [5]. В огурце и кивано концентрация P превышала (P>0,05) таковую у бенинказ, томата и вигны. В листьях всех овощных культур были выявлены повышенные концентрации N по сравнению с другими частями растения (табл.1), а в корнях, за исключением корней огурца, пониженные. Соотношение N/P является важной качест-

венной характеристикой фитомассы в плане оценки относительной скорости роста растений: при активном росте организма идет включение N в белки, но для этого часть общего P организма должна быть включена в рРНК [8]. В изученных культурах N/P изменялось в зависимости от вида ($P=0,029$) и части растения ($P=0,006$). Так, тыквенные культуры отличались от томата и вигны ($P=0,049$), а плоды и листья отличались от других частей, при этом в листьях N/P было самым широким (в среднем по всем культурам $12,5 \pm 0,3$), а в стеблях и корнях –

самым узким (в среднем по всем культурам $5,2 \pm 0,3$). Эти данные согласуются с данными других авторов [3], но для других видов растений, так как овощные культуры в этом плане мало изучены. Выявленное более широкое соотношение N/P в листьях, скорее всего, отражает снижение относительной скорости роста фотосинтетических органов [8] на заключительной стадии вегетации растений.

Сера является очень важным макроэлементом: она входит в состав структурных, регуляторных и ферментативных белков, жиров, низкомоле-



1. Содержание некоторых макроэлементов в различных компонентах фитомассы овощных культур (среднее \pm ошибка среднего, в расчете на сухую фитомассу)

Культура	Часть растения		Концентрация в сухой фитомассе, %			
			C	N	P	S
Кивано	плод		38,9	3,35	1,04	0,199
	лист		31,8	3,94	0,89	0,067
	стебель		39,4	2,59	1,18	0,064
	корни		42,1	1,91	1,40	0,057
	Среднее		38,0 \pm 2,2	2,95 \pm 0,44	1,13 \pm 0,11	0,097 \pm 0,034
Момордика	плод	т.сп.	42,6	3,47	0,92	0,067
		б.сп.§	35,8 41,0	3,28 1,69	0,99 0,44	0,063 0,093
	лист		35,6	3,75	0,92	0,060
	стебель		41,2	2,00	1,19	0,067
	корни		43,5	2,31	1,30	0,066
	Среднее		39,9 \pm 1,3	2,75 \pm 0,35	0,96 \pm 0,12	0,069 \pm 0,004
Бенинказа	плод		42,1	2,23	0,71	0,068
	лист		36,4	4,43	0,80	0,058
	стебель		39,3	2,95	0,89	0,067
	корни		41,1	2,41	1,07	0,072
	Среднее		39,7 \pm 1,24	3,01 \pm 0,49	0,87 \pm 0,08	0,066 \pm 0,003
Вигна	плод		44,1	3,43	0,60	0,067
	лист		41,2	3,61	0,61	0,066
	стебель		45,2	2,16	0,95	0,078
	корни		44,7	1,35	0,49	0,073
	Среднее		43,8 \pm 0,89	2,64 \pm 0,54	0,66 \pm 0,09	0,071 \pm 0,003
Томат [‡]	плод		39,8	2,05	0,59	0,059
	лист		40,3	3,73	0,37	0,381
	стебель		37,7	2,79	0,80	0,074
	корни		35,6	2,17	0,87	0,068
	Среднее		38,4 \pm 1,1	2,69 \pm 0,38	0,66 \pm 0,11	0,146 \pm 0,079
Огурец [‡]	плод		40,9	3,14	0,89	0,068
	лист		32,7	3,68	0,89	0,112
	стебель		40,8	2,51	1,24	0,163
	корни		34,8	4,53	1,17 \pm 0,18	0,170
	Среднее		37,3 \pm 2,1	3,47 \pm 0,43	1,17 \pm 0,18	0,128 \pm 0,023
Все культуры	Среднее		39,6 \pm 0,7	2,90 \pm 0,17	0,91 \pm 0,06	0,094 \pm 0,13

Примечания: § б.сп. - плод в биологической спелости: первое число в ячейках этой строки относится к перикарпию, а второе – к ариллусу в зрелом плоде момордики; т.сп. - плод в технической спелости; ‡ Традиционные культуры тепличного выращивания, для сравнения.

2. Атомное соотношение некоторых макроэлементов
в различных компонентах фитомассы овощных культур

Культура	Часть растения	Соотношение					
		C/N	C/P	C/S	N/P	N/S	P/S
Кивано	плод	13,5	97	522	7,2	39	5
	лист	9,4	92	1259	9,8	134	14
	стебель	17,7	86	1635	4,9	92	19
	корни	25,7	77	1968	3,0	77	25
	Среднее	16,6 ±3,5	88 ±4	1346±310	6,2±1,4	85±20	16±4
Момордика	плод	т.сп.	14,3	118	1694	8,3	118
		б.сп.§	12,7 28,2	90 - 215	1522- 1170	7,3-8,5	120-42
	лист	11,1	100	1598	9,0	144	15
	стебель	24,0	89	1646	3,7	68	13
	корни	21,9	84	1750	3,9	80	20
	Среднее	18,7 ±2,8	116 ±20	1563±85	6,8±1,0	95±16	11±2
Бенинказа	плод	22,0	129	1662	6,9	76	12
	лист	9,6	132	1675	12,2	175	12
	стебель	15,5	126	1571	7,3	101	14
	корни	19,8	101	1528	5,0	77	16
	Среднее	16,7 ±2,7	122 ±7	1609±36	7,9±1,5	107±23	14±1
Вигна	плод	15,0	157	1760	12,7	117	11
	лист	13,3	167	1671	13,1	125	9
	стебель	24,4	112	1544	5,1	63	14
	корни	38,6	231	1635	6,1	42	8
	Среднее	22,8 ±5,8	167 ±24	1653±45	9,2±2,1	87±20	10±1
Томат [‡]	плод	22,6	175	1812	7,7	80	10
	лист	12,6	277	282	22,0	22	1
	стебель	15,7	121	1354	7,7	86	11
	корни	19,1	106	1400	5,5	73	13
	Среднее	17,5 ±2,2	170 ±39	1212±326	10,7±3,8	65±15	9±2
Огурец [‡]	плод	15,2	119	1609	7,8	106	14
	лист	10,4	131	778	9,1	75	12
	стебель	18,9	93	670	4,5	35	18
	корни	8,9	63	545	6,0	61	25
	Среднее	13,4 ±2,3	101 ±15	900±241	6,8±1,0	69±15	17±3
Все культуры	Среднее	17,7 ±1,4	127 ±10	1394±89	7,9±0,7	86±7	13±1

Примечания: § б.сп. - плод в биологической спелости: первое число в ячейках этой строки относится к перикарпию, а второе – к ариллусу в зрелом плоде момордики; т.сп. - плод в технической спелости; ‡ Традиционные культуры тепличного выращивания, для сравнения.

кулярных соединений с антиоксидантными свойствами и пр. [6]. Концентрация S часто коррелирует с содержанием вторичных метаболитов типа тиолов, гликозидов и т.п. со специфическим вкусом и запахом, которые могут в значительной степени определять потребительские свойства фитомассы для человека и вредителей. Изученные культуры различаются по концентрации S в фитомассе ($P=0,05$): например, огурец, несмотря на выраженную изменчивость показателя по частям растения, существенно отличается от других повышенной концентрацией S (табл.1), но в целом



Вигна Сибирский размер

3. Содержание некоторых металлов в различных компонентах фитомассы овощных культур (в расчете на сухую фитомассу).

Культура	Часть растения		K, %	Na, %	Ca, %	Mg, %	Zn, %	Fe, %	Mn, мг кг ⁻¹	Cu, мг кг ⁻¹	Ni, мг кг ⁻¹
Кивано	плод		6,5	0,03	1,5	0,37	0,004	0,014	7,9	6,9	55
	лист		2,8	0,03	10,9	0,99	0,003	0,021	18,1	5,9	55
	стебель		5,7	0,06	1,8	0,24	0,006	0,014	10,4	6,3	10
	корни		4,1	0,09	2,8	0,21	0,005	0,071	22,0	15,0	132
Момордика	плод	т.сп.	5,2	0,02	0,5	0,31	н.п.о.	0,010	16,6	7,4	1
		б.сп.§	10,1 н.п.о.¢	0,02 0,01	0,7 0,4	0,28 0,11	0,003 0,003	0,008 0,008	16,1 5,7	8,0 8,8	1 30
	лист		5,2	0,03	6,4	0,54	0,008	0,013	27,5	6,9	18
	стебель		3,7	0,06	0,7	0,21	0,005	0,053	24,5	7,2	17
	корни		4,2	0,04	0,9	0,19	0,008	0,011	16,7	6,0	3
Бенинказа	плод		3,4	0,01	0,3	0,16	0,002	0,005	5,3	4,9	11
	лист		4,0	0,02	7,8	0,35	0,005	0,027	39,3	6,2	36
	стебель		6,0	0,18	0,9	0,20	0,004	0,063	28,5	6,3	15
	корни		6,4	0,10	0,7	0,12	0,003	0,011	16,6	6,2	12
Вигна	плод		2,9	0,02	0,3	0,34	0,003	0,009	14,0	3,7	18
	лист		3,1	0,02	6,2	0,38	0,002	0,015	36,6	2,8	19
	стебель		14,8	0,17	0,4	0,29	0,001	0,057	20,6	3,4	15
	корни		4,1	0,05	0,5	0,19	0,002	0,033	8,6	5,4	214
Томат [‡]	плод		3,9	0,03	0,3	0,14	0,002	0,007	6,9	3,8	23
	лист		5,0	0,14	4,0	0,33	0,002	0,017	28,1	4,0	2
	стебель		3,4	0,18	2,1	0,33	0,005	0,087	54,0	8,9	3
	корни		4,3	0,09	1,7	0,33	0,006	0,015	12,7	3,7	14
Огурец [‡]	плод		5,3	0,04	0,6	0,25	0,004	0,008	7,7	5,2	31
	лист		2,7	0,04	8,6	0,52	0,006	0,039	22,8	6,8	81
	стебель		5,6	0,38	0,7	0,19	0,006	0,070	25,1	10,2	76
	корни		7,1	0,16	0,9	0,21	0,005	0,016	10,5	9,5	4

Примечания: § б.сп. - плод в биологической спелости: первое число в ячейках этой строки относится к перикарпию, а второе – к ариллусу в зрелом плоде момордики; т.сп. - плод в технической спелости; ‡ Традиционные культуры тепличного выращивания, для сравнения. для сравнения, ¢ - н.п.о. - ниже предела обнаружения.

концентрация S в изученных растениях низка. Считается, что соотношение N/S лучше для оценки доступности S для растений, чем концентрация элемента [10]. Выявленное широкое соотношение N/S (табл.2) свидетельствует о недостаточном для удовлетворения потребностей изученных культур поступлении S из тепличного субстрата и при внесении с удобрениями.

Соотношение P/S больше других изученных соотношений макроэлементов варьирует в зависимости от вида ($P=0,012$) и части растения ($P=0,006$): у тыквенных культур по

сравнению с томатом и вигной оно шире в корнях (табл.2). В среднем по всем культурам соотношение P/S меньше в плодах и листьях по сравнению со стеблями и корнями ($P=0,006 \div 0,015$).

Содержание в фитомассе изученных культур некоторых металлов и микроэлементов представлено в табл.3. Сведений о содержании микроэлементов в различных компонентах фитомассы экзотических овощей мало. Полученные значения содержания микроэлементов в плодах в пересчете на сырую массу (табл.4) близки к результатам исследования этих культур в США [11]. Расположение образцов овощных культур в

плоскости первых двух главных компонент, представленное на рисунке 1, позволяет сделать вывод о том, что часть растения, а не вид, оказывает большее влияние на содержание микроэлементов и металлов в фитомассе (точки, обозначающие одинаковые части растения, сгруппированы вместе).

Выводы

1. Впервые определен макро- и микроэлементный состав различных частей растения: плодов, листьев, стеблей и корней – новых для России овощных интродуцентов.

2. Низкая концентрация серы и ши-

4. Содержание некоторых элементов в плодах овощных культур (в расчете на сырую массу)

Культура	К, мг·100 г ⁻¹	Р, мг·100 г ⁻¹	Na, мг·100 г ⁻¹	Ca, мг·100 г ⁻¹	Mg, мг·100 г ⁻¹	Zn, мг кг ⁻¹	Fe, мг кг ⁻¹	Mn, мг кг ⁻¹	Cu, мг кг ⁻¹	Ni, мг кг ⁻¹
Кивано	972	155	4	231	56	5,8	21,1	1,2	1,0	8,2
Момордика (плод в технической спелости)	309	26	1	32	18	0,1	6,4	1,0	0,4	0,1
Момордика (плод в биологической спелости)	перикарпий (в целом)	602	32	1	42	17	4,5	1,0	0,5	н.п.о.
	ариллус	н.п.о. ф	59	1	24	6	4,6	0,3	0,5	1,8
Бенинказа	133	55	н.п.о.	13	6	0,8	1,8	0,2	0,2	0,4
Вигна	402	28	3	48	47	3,5	12,5	2,0	0,5	2,5
Томат	213	84	2	15	8	0,9	4,1	0,4	0,2	1,3
Огурец	255	43	2	30	12	1,7	3,8	0,4	0,2	1,5

ф н.п.о. – ниже предела обнаружения

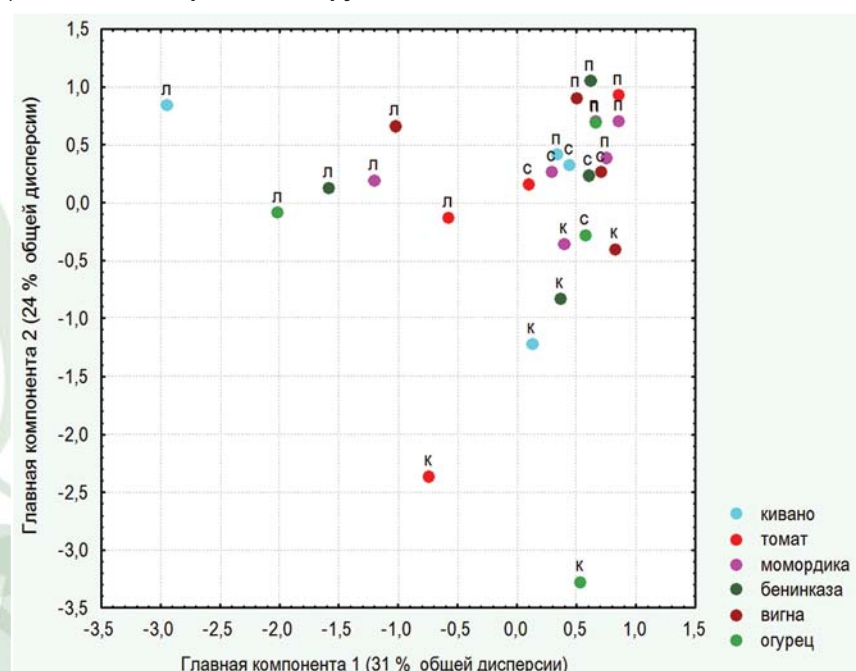


Рисунок 1.
Расположение образцов фитомассы разных овощных культур в плоскости первых двух главных компонент. Условные обозначения: л - листья, с - стебли, п - плод, к - корни.

рокое атомное соотношение азота к сере в фитомассе овощных культур свидетельствует о дефиците этого макроэлемента при тепличном выращивании на торфосубстратах и необходимости внесения значительных количеств серы с удобрениями.

3. Поскольку по сравнению с другими культурами плоды кивано содержат больше калия, кальция, магния, цинка, железа, меди и никеля, причем их концентрация в ходе длительного хранения увеличивается в связи с потерей влаги, то эта культура является ценным источником этих

элементов, заслуживающим усилий по ее распространению в нашей стране.

4. Различные части растений овощных культур, как экзотических для России (кивано, бенинказа, момордика, вигна), так и уже давно ставших традиционными (томат, огурец) различаются по качеству фитомассы в плане элементного состава и стехиометрии.

Закключение

Информация о содержании и стехиометрии макроэлементов в сель-

скохозяйственных растениях важна для понимания циклов этих элементов [4] в зависимости от технологий выращивания и для совершенствования приемов агротехники возделывания, в частности, рециклирования нетоварной фитомассы овощных культур. Мы надеемся, что представленные данные о макро- и микроэлементном составе фитомассы окажутся полезными для других исследователей и специалистов при отработке приемов выращивания и возможного использования в ветеринарии, фармакологии и других областях.

Литература

1. Методические указания по определению металлов в почвах с/х угодий и продукции растениеводства. М.: изд-во МСХ РФ, 1992. – 61 с.
2. Фотев Ю.В., Кудрявцева Г.А., Белоусова В.П. Интродукция экзотических теплолюбивых овощных растений в Сибири // Овощеводство Сибири. Новосибирск: Сиб. отд-ние РАХН, 2009. – С. 176-188.
3. Ågren G. I. The C : N : P stoichiometry of autotrophs – theory and observations // Ecology Letters . 2004. -V.7.- N. 7. -P. 185-191.
4. Allen A. P., Gillooly J. F. Towards an integration of ecological stoichiometry and the metabolic theory of ecology to better understand nutrient cycling // Ecology Letters. -2009. -V. 12.- N.5. -P.369-384.
5. Borer E. T., Bracken M. E. S., Seabloom E., Smith J. E., Cebrian J., Cleland E.E., Elser J. J., Fagan W. F., Gruner D. S., Harpole W. S., Hillebrand H., Kerkhoff A. J., Ngai J. T. Global biogeography of autotroph chemistry: is insolation a driving force? // Oikos. 2013.- V.: P. 1121–1130."
6. Jamal A., Moon Y.-S., Abdin M.Z. Sulphur – a general overview and interaction with nitrogen // Australian Journal of Crop Science. 2010. -V. 4.- N.7. -P.:523-529.
7. Mohd H. I., Hawa Z.E. J. The Relationship of Nitrogen and C/N Ratio with Secondary Metabolites Levels and Antioxidant Activities in Three Varieties of Malaysian Kacip Fatimah (*Labisia pumila* Blume) // Molecules. 2011. -V. 16. -PP. 5514-5526.
8. Niklas K.J., Owens T., Reich P.B., Cobb E.D. Nitrogen/phosphorus leaf stoichiometry and the scaling of plant growth // Ecology Letters. 2005. -V.8. -P. 636-642.
9. Smil V. Crop Residues: Agriculture's Largest Harvest // Bioscience. 1999. -V.49.-No.4. -P. 299-308.
10. Stewart, B. A. Whitfield, C. J. Effects of Crop Residue, Soil Temperature, and Sulphur on the Growth of Winter Wheat // Soil Sci. Soc. Am. J. 1965. -V. 29. -PP.752-755.
11. USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 2: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/>



Фотев Юрий Валентинович, кандидат сельскохозяйственных наук, работает старшим научным сотрудником лаборатории интродукции пищевых растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН с 1996 года, занимаясь интродукцией новых для России видов растений, преимущественно, из семейств Cucurbitaceae, Fabaceae и Solanaceae, а также внутри- и межвидовой гибридизацией томата. Фотев Ю.В. – автор и соавтор 44 сортов и гибридов томата, перца сладкого, баклажана, вигны, кивано, момордики и бенинкасы; им опубликовано 57 научных работ.



Белоусова Валентина Петровна работает научным сотрудником лаборатории интродукции пищевых растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН с 1973 года, занимаясь интродукцией новых для России видов растений. Белоусова В.П. автор и соавтор 14 сортов перца сладкого, томата, баклажана, вигны, кивано, бенинкасы и момордики; ею опубликовано 45 научных работ.



Наумова Наталья Борисовна, кандидат биологических наук, работает старшим научным сотрудником лаборатории агрохимии Института почвоведения и агрохимии СО РАН с 1985 года, в основном занимаясь изучением химических и микробиологических свойств почв. Ею опубликовано 69 научных работ.



Бугровская Галина Александровна работает ведущим инженером лаборатории агрохимии Института почвоведения и агрохимии СО РАН с 2000 года, занимаясь определением химического состава растительного материала, почвы, природных вод и т.п.