

ХРОНОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФИТОМАССЫ ЯБЛОНИ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ В СТЛАНЦЕВОЙ ФОРМЕ В ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЕ КРАСНОЯРСКА

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Н.П. Братилова**

аспирант **О.А. Герасимова**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева»,
г. Красноярск, Российская Федерация

В статье Представлены результаты исследований надземной фитомассы яблони домашней (*Malus domestica* Borkh) в 14-летнем и 113-летнем биологическом возрасте, которые проводились на базе Ботанического сада им. Вс.М. Крутовского в пригородной зоне Красноярск. Впервые для яблонь, выращиваемых в условиях Сибири в стланцевой форме, установлены особенности распределения фитомассы по фракционному составу. На однолетних побегах стланцевых яблонь формируется от 10 до 13 шт. листьев средней площадью 26 см² и массой в абсолютно сухом состоянии 0,34 г и от 5 до 760 шт. плодов на дереве средней массой 77,6-99,7 г в зависимости от возраста дерева и года наблюдений. При формировании плодовых деревьев по форме «Красноярский стланец» оставляют три-четыре основные скелетные ветви. Средняя модельная ветвь 14-летнего дерева имеет длину 3,4 м и диаметр в месте прикрепления к стволу 7,6 см, ее масса в абсолютно сухом состоянии составляет 1,4 кг. Надземная фитомасса дерева в среднем равна 9,7 кг в абсолютно сухом состоянии. При этом на листья приходится 12 % надземной фитомассы, на штамб – 16,6 %, ветви – 71,4 %. При регулярной обрезке кроны для поддержания стланцевой формы выращивания в Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского к 14-летнему возрасту фитомасса кроны снижается на 30-33 %. Средняя модельная ветвь у 113-летнего дерева яблони при стланцевой форме выращивания имеет длину 6,4 м и диаметр у основания 26,7 см. Ее масса в абсолютно сухом состоянии равна 51,9 кг. Фитомасса надземной части 113-летней яблони составляет в среднем 164 кг в абсолютно сухом состоянии, распределяясь по фракциям как 1,8 % (листья), 3,4 % (штамб) и 94,8 % (ветви) соответственно.

Ключевые слова: надземная фитомасса, яблоня, биоразнообразие, изменчивость, стланцевая форма

ABOVE-GROUND PHYTOMASS OF APPLE TREES GROWN IN PROSTRATE SHRUB FORM IN THE SUBURBAN AREA OF KRASNOYARSK

DSc (Agriculture), Professor **N.P. Bratilova**

post-graduate student **O.A. Gerasimova**

FSBEI HE "Reshetnev Siberian State University of Science and Technology", Krasnoyarsk, Russian Federation

Abstract

The article presents the results of studies of the aboveground phytomass of domestic apple (*Malus domestica* Borkh) at 14-year and 113-year biological age, which were carried out on the basis of Krutovsky Botanical Garden in the suburban area of Krasnoyarsk. The features of phytomass distribution by fractional composition have been established for the first time for apple trees grown in Siberia in prostrate shrub form. From 10 to 13 leaves with an average area of 26 cm² and an absolutely dry weight of 0.34 g are formed on the annual shoots of prostrate shrub apple trees. During the formation of fruit trees in the form of "Krasnoyarsk prostrate shrub", three or four main skeletal branches are left. The average model branch of a 14-year-old tree has a length of 3.4 m and a diameter of 7.6 cm at the point of attachment to the trunk; its weight is 1.4 kg in an absolutely dry state. The aboveground phytomass of a tree is 9.7 kg (on average) in an absolutely dry state. At the same time, leaves account for 12% of the aboveground phytomass, stem -

16.6%, branches - 71.4%. With regular pruning of the crown to maintain the prostrate shrub form of cultivation in Krutovsky Botanical Garden, by the age of 14, the phytomass of the crown decreases by 30-33%. The average model branch in a 113-year-old apple tree, when grown in prostrate shrub form, has a length of 6.4 m and a diameter at the base of 26.7 cm. Its weight in an absolutely dry state is 51.9 kg. The phytomass of the aboveground part of a 113-year-old apple tree averages 164 kg in an absolutely dry state, being distributed by fractions: 1.8% (leaves), 3.4% (stem) and 94.8% (branches), respectively.

Keywords: aboveground phytomass, apple tree, biodiversity, variability, prostrate shrub form

Введение

Исследованиям структуры и закономерностей формирования фитомассы растений уделяется большое внимание мирового научного сообщества и приобретает в настоящее время все большую актуальность [16, 18]. В.А. Усольцев отмечает, что в настоящее время фитомасса лесов является «основной характеристикой, определяющей ход процессов в лесных экосистемах и используемой в целях экологического мониторинга» и др. [7, стр. 12]. По его мнению, возрастающая биосферная роль насаждений повышает необходимость определения не только общего количества фитомассы, но и ее распределения по фракционному составу и вертикальному профилю [6]. Большое число работ посвящено изучению биомассы древесных растений с целью ее использования в энергетической промышленности [10, 13 и др.].

Однако, несмотря на высокое экологическое значение насаждений городских территорий, подобные работы в посадках городских и пригородных зон ведутся намного реже [1, 3]. Формируемая фитомасса и углеродоемкость насаждений оказывает огромное влияние на экологическую обстановку окружающей среды.

Л.И. Аткина и М.В. Игнатова, изучая накопление надземной фитомассы яблони ягодной с учетом ее распределения по высоте дерева в зеленых посадках г. Екатеринбурга, установили, что с увеличением диаметра ствола яблони процентное содержание массы кроны в надземной фитомассе дерева увеличивается, а доля массы ствола уменьшается [1]. М.В. Игнатовой установлена высокая теснота связи общей фитомассы и площадью листьев у деревьев яблони [3].

Несмотря на огромную роль зеленых насаждений, исследований по формированию их фитомассы с учетом вертикального распределения и фракционного состава в условиях городских и пригородных территорий явно недостаточно. Исследования формирования фитомассы деревьев яблони, выращиваемых в стланцевой форме, являются уникальными [11, 12].

Чаще всего фитомасса определяется при помощи деструктивных методов с использованием срубленных модельных деревьев [14, 15, 17]. Для уникального природного объекта, каковым является Ботанический сад им. Вс.М. Крутовского, созданный в 1904 г., подобные методы малоприменимы. Ведется работа по оптимизации оценки фитомассы с использованием биометрических показателей деревьев.

На границе лесостепной зоны Западно-Сибирской равнины с предгорьями Восточных Саян и Канско-Рыбинской котловины с 1904 г. начали создавать сад, в котором яблоням придавали форму стланца для содержания кроны плодовых растений под снегом, под которым даже при зимних температурах воздуха около 40 °С температура почти не снижается до минус 15 °С [4, 5, 9]. Стланцевая форма выращивания предназначена для повышения устойчивости растений к резким перепадам температур при резко-континентальном климате: она получила название «красноярский стланец» или «сибирский стланец» (рис. 1).

Ботанический сад им. Вс.М. Крутовского размещен в пригородной зоне города Красноярска (устье речки Лалетиной) на I и II террасах правого берега реки Енисей. Высота над уровнем моря верхней террасы – 173 м, нижней террасы – 145 м.



Рис. 1. Яблоня, выращиваемая в стланцевой форме, в возрасте 14 лет (собственные фотографии авторов)

Материалы и методы

Для определения надземной фитомассы деревьев яблони в биологическом возрасте 14 и 113 лет были исследованы модельные деревья сорта «Генерал Орлов», который относят к сортам зимнего срока созревания плодов. При обследовании их кроны изучены модельные ветви первого порядка, чей биологический возраст был несколько ниже биологического возраста самих деревьев (110 и 10 лет соответственно), однолетние облиственные побеги, и обмерены стволы. Фитомассу модельных образцов сушили в сушильном шкафу ШС-80-01 СПУ до абсолютно сухого состояния при температуре 105 °С [8]. В саду Крутовского за яблонями проводятся регулярные уходы, заключающиеся в обрезке ветвей, растущих вверх (так, чтобы высота стланцевых деревьев не превышала 1,5 м). Фитомассу обрезанных ветвей определяли регрессионным методом, где в качестве независимой переменной использовали диаметр среза. Для молодых деревьев яблони использовали уравнение

$$Y = \frac{21,85 * 139,93 + 465,76 * x^{3,51}}{139,93 + x^{3,51}}, \quad (1)$$

для реликтовых материнских деревьев:

$$Y = 25,61 * x^{2,13}, \quad (2)$$

где Y – фитомасса ветви, г в а.с.с.
X – диаметр, см.

У однолетних побегов определялась фитомасса отдельно по фракциям (листья, ветви). Площадь листьев определялась с помощью программы Petiole.LeafArea.

Модельные скелетные ветви (рис. 2) были разделены по порядкам ветвления и приростам, у которых были определены длина и диаметр (рис. 3).

Фитомассу всех ветвей дерева определяли умножением числа скелетных ветвей на показатели их фитомассы (древесины в коре и листьев).

Стволовую массу деревьев, выращиваемых в стланцевой форме, вычисляли через предварительно вычисленную плотность древесины и объем штамба.

Объемы определяли по простой формуле Губера:

$$V = \gamma/2 * L, \quad (3)$$

где $\gamma/2$ – площадь поперечного сечения древесного отрезка посередине, см²;

L – длина отрезка, см;

V – объем отрезка, см³.

Обработка собранного экспериментального материала проводилась посредством программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

При определении структуры надземной фи-

томассы яблони в 14-летнем биологическом возрасте установлено, что при стланцевой форме выращивания масса ствола дерева в абсолютно сухом состоянии составила 1,6 кг при средней высоте штамба 18,5 см и длины окружности у шейки корня 45 см.

При формировании стланцевой формы дерева, у него оставляют от трех до четырех скелетных ветвей. Масса средней модельной ветви длиной 3,42 м и диаметром в месте прикрепления к стволу 7,6 см в абсолютно сухом состоянии составляет 1,4 кг (табл. 1).

Фитомасса всех ветвей 14-летнего дерева яблони, выращиваемого в стелющейся форме, равна в среднем 6,9 кг в абсолютно сухом состоянии, что составляет 81 % надземной фитомассы в безлист-

венный период года. На массу полностью сформировавшихся листьев приходится 1,16 кг в абсолютно сухом состоянии. Надземная фитомасса 14-летних деревьев яблони (без учета плодов) составляет 9,68 кг в а.с.с.

При регулярной обрезке кроны для поддержания стланцевой формы выращивания в Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского к 14-летнему возрасту фитомасса кроны снижается на 30-33 %.

При определении надземной фитомассы 113-летних деревьев выявлено, что масса штамба в абсолютно сухом состоянии в среднем равна 5,6 кг. Масса средней модельной ветви длиной 6,4 м и диаметром в месте прикрепления к стволу 26,7 см в абсолютно сухом состоянии составляет 51,9 кг (табл. 2).



Рис. 2. Модельная ветвь (собственные фотографии авторов)



Рис. 3. Разделение ветви на сегменты (собственные фотографии авторов)

Природопользование

Фитомасса всех ветвей 113-летнего дерева яблони, выращиваемого в стланцевой форме, равна 155,7 кг. Таким образом, в обезлиственные периоды года надземная фитомасса составляет в среднем 161,3 кг в абсолютно сухом состоянии. Распределение по фракциям древесной массы составляет: мас-

са штамба ствола до кроны – 3,5 %, масса ветвей кроны – 96,5 %.

При обрезке ветвей увеличивается процентное содержание фитомассы ствола в сравнении с деревьями, произрастающими в свободной форме без обрезки.

Таблица 1

Показатели массы модельной ветви 14-летнего дерева

Номер отрезка	Размеры модельной ветви, см			Радиус, см	Объем, см ³	Масса в свежем состоянии, г	Масса в а. с. с., г
	длина отрезка	длина окружности посередине отрезка	диаметр				
1	17	24	7,64	3,82	778,94	670,47	420,99
2	8	21	6,70	3,35	281,91	242,11	152,03
3	34	12,8	4,06	2,03	439,95	390,24	245,03
4	39	10,5	3,34	1,67	341,53	279,98	175,8
5	30	9,3	2,95	1,475	204,94	179,05	112,42
6	36	8,8	2,79	1,395	219,98	183,49	115,21
7	36	6	1,91	0,96	103,10	88,74	55,72
8	53	5	1,59	0,80	105,18	90,72	56,97
9	26	4	1,27	0,64	32,92	28,48	17,89
10	63	2,5	0,80	0,40	31,65	26,96	16,93
Итого	342				2540,10	2180,25	1368,99

Источник: собственные вычисления авторов.

Таблица 2

Показатели массы модельной ветви 113-летнего дерева

Номер отрезка	Размеры модельной ветви, см			Радиус, см	Объем, см ³	Масса в свежем состоянии, г	Масса в а.с.с., г
	длина отрезка	окружность средней части отрезка	диаметр				
1	94	84	26,75	13,38	52807,64	45414,57	28516,13
2	136	43	13,69	6,85	20021,02	17218,08	10811,35
3	52	52	16,56	8,28	11194,90	9627,62	6045,25
4	114	32	10,19	5,10	9294,27	7993,07	5018,90
5	57	19	6,05	3,03	1638,30	1408,93	884,68
6	15	18	5,73	2,87	386,94	332,77	208,95
7	12	17	5,41	2,71	276,11	237,46	149,10
8	5	12	3,82	1,91	57,32	49,30	30,96
9	43	9	2,87	1,43	277,31	238,49	149,75
10	110	4	1,27	0,64	140,13	120,51	75,67
Итого	638				96093,91	82640,80	51890,73

Источник: собственные вычисления авторов.

Яблоня, выращиваемая в стланцевой форме, в возрасте 113 лет приведена на рис. 4. Для определения надземной фитомассы яблони в летний период были определены морфометрические и весовые характеристики листьев на однолетних побегах (табл. 3).

На однолетнем побеге яблони, выращиваемой в стланцевой форме, формируется от 10 до 13 шт. листьев. Площадь листа в среднем составляет $25,9 \pm 1,69$ см². Масса листа в абсолютно сухом состоянии равна $0,34 \pm 0,03$ г, масса всех листьев однолетнего побега составляет $4,1 \pm 0,4$ г (в а.с.с.). Показатель LMA (leaf mass per area - масса одного квадратного сантиметра листа в а.с.с.) равен в среднем $0,013 \pm 0,0008$ г, варьируя у деревьев от 0,0106 до 0,0153 г. С.П. Васфилов считает показатель LMA независимым признаком листа, на степень изменчивости которого влияют видовые особенности и факторы среды [2]. По нашему мнению, при одинаковых условиях выращивания данный показатель может быть использован при селекции высокопродуктивных сортов и биотипов яблони.



Рис. 4. Яблоня, выращиваемая в стланцевой форме, в возрасте 113 лет (собственные фотографии авторов)

Таблица 3

Показатели листьев однолетнего побега яблони

Номер модельного дерева	Масса листьев, г		Площадь, см ²		Масса в а.с.с., г		Число, шт.
	в свежем состоянии	в а.с.с.	листьев	1 листа	1см ² листа	1 листа	
1	10,6	4,83	377,0	29,00	0,0128	0,37	13
2	7,2	3,57	263,5	20,27	0,0135	0,27	13
3	8,0	5,19	339,0	28,25	0,0153	0,43	12
4	7,1	2,99	237,0	23,70	0,0126	0,30	10
5	9,2	3,90	367,5	28,27	0,0106	0,30	13
$X_{cp} \pm m$	$8,42 \pm 0,66$	$4,10 \pm 0,40$	$316,8 \pm 28,2$	$25,90 \pm 1,69$	$0,013 \pm 0,0008$	$0,34 \pm 0,03$	$12,2 \pm 0,60$
$\pm \sigma$	1,48	0,91	63,0	3,78	0,0017	0,07	1,3
V, %	17,6	22,1	19,9	14,6	13,1	19,5	10,7
P, %	7,9	9,9	8,9	6,5	5,8	8,7	4,8

Источник: собственные вычисления авторов.

Уровень изменчивости изученных показателей от низкого по числу листьев до высокого – по массе листьев однолетнего побега в абсолютно сухом состоянии.

При исследованиях показателей листьев на модельных ветвях установлено, что у 113-летнего дерева на 78 шт. облиственных ветвей III порядка сформировано 2,9 кг листьев в абсолютно сухом состоянии.

Обнаружена сильная положительная корреляция между показателями массы и площади листьев однолетнего побега зимних сортов яблони ($r=0,86$). Данная зависимость аппроксимируется гиперболическим уравнением (Hyperbolic Fit):

$$Y = 8,43 + (-1469,53)/X; R^2=0,846, \quad (4)$$

где Y – масса листьев, г в а.с.с.;

X – площадь листьев, см².

Надземная фитомасса вегетативных органов 113-летней яблони, выращиваемой в стланцевой форме, во время вегетационного периода составляет 164,2 кг в а.с.с. Основная ее часть (94,8 %) приходится на древесину ветвей. Масса штамба составляет 3,4 %, меньшая часть надземной фитомассы относится к листьям.

При сравнении плодоношения яблони можно отметить, что у молодых деревьев образуется намного меньшее количество яблок – от 5 до 75 шт. на дереве средней массой $77,6 \pm 5,13$ г. У материнских деревьев яблони сорта Генерал Орлов, произрастающих в мемориальной части Ботанического сада, образовывалось от 99 до 760 шт. плодов на дереве средней массой $99,7 \pm 3,08$ г. Показатель количества плодов на дереве отличается очень высокой изменчивостью в зависимости от года наблюдений, поэтому при сравнении процентного соотношения фракций фитомассы учитывалась только масса вегетативных органов.

Выводы

В результате проведенных исследований установлены особенности формирования фитомассы яблони, выращиваемой в стланцевой форме. В молодом возрасте (14 лет) надземная фитомасса вегетативных органов распределяется следующим образом: 12 % приходится на листья, 16,6 % на штамб и 71,4 % на ветви. Спустя столетие большая часть надземной фитомассы также приходится на ветви кроны, но масса листьев в процентном соотношении уменьшается до 1,8 % (рис. 5).

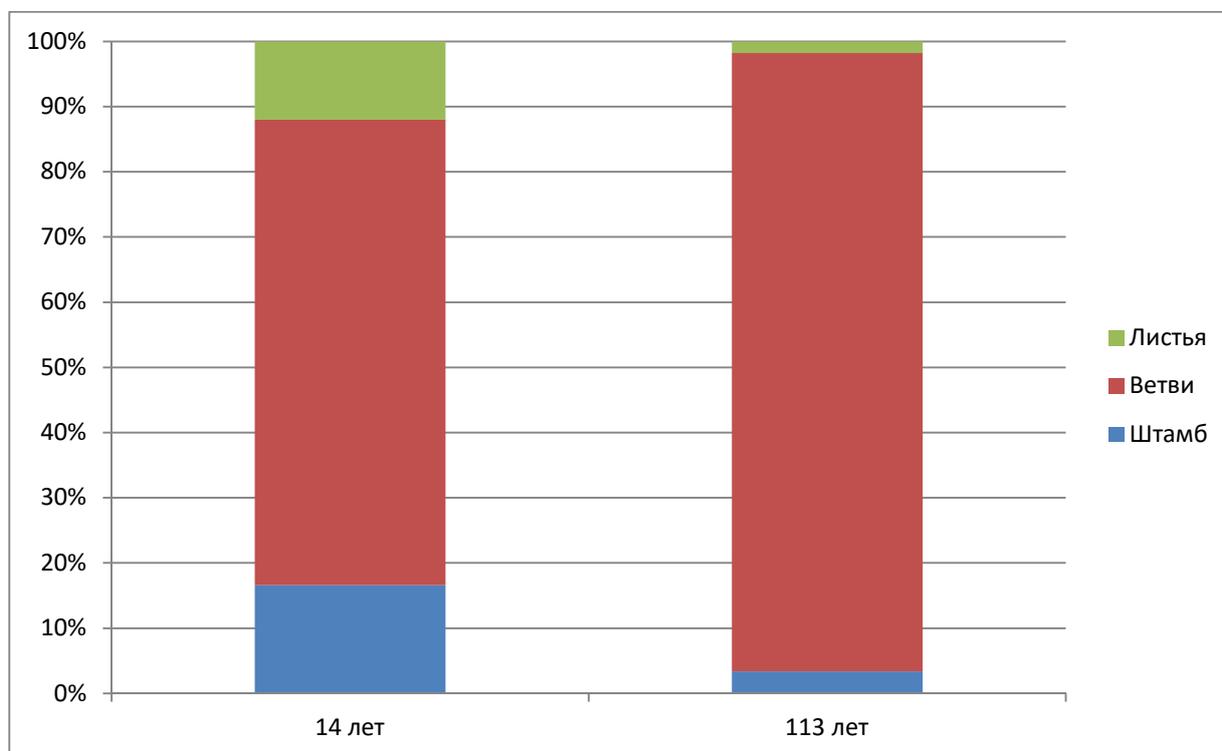


Рис. 5. Процентное соотношение фракций надземной фитомассы вегетативных органов яблони, выращиваемой в стланцевой форме (собственные вычисления авторов)

Если сравнить процентное соотношение фракций надземной фитомассы стланцевых форм деревьев яблони с растениями, произрастающими в открытой форме, то можно отметить, что у сравниваемого варианта на стволовую древесину приходится большее процентное соотношение фитомассы [1].

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-34-90089 (The reported study was funded by RFBR, project number 19-34-90089).

Библиографический список

1. Аткина, Л. И. Особенности формирования надземной фитомассы боярышника кроваво-красного, яблони ягодной, рябины обыкновенной и клена ясенелистного в условиях г. Екатеринбурга / Л. И. Аткина, М. В. Игнатова // *Леса России и хозяйство в них*. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – № 3(34). – С. 53-59. – ISSN 2218-7545
2. Васфилов, С. П. Анализ причин изменчивости отношения сухой массы листа к его площади у растений / С. П. Васфилов // *Журнал общей биологии*, 2011. – Т. 72, № 6. – С. 436–454. – ISSN 0044-4596
3. Игнатова, М. В. Особенности формирования надземной фитомассы боярышника кроваво-красного, яблони ягодной, рябины обыкновенной и клена ясенелистного в условиях г. Екатеринбурга: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03: защищена 28.04.2011 / М. В. Игнатова; Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 130 с.
4. Матвеева, Р. Н. Селекция яблони в Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского / Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, Н. В. Моксина, М. В. Репях. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 357 с. – ISBN–5–8173–0264–4
5. Раченко, М. А. Особенности роста и плодоношения крупноплодных сортов яблони в условиях Южного Предбайкалья / М. А. Раченко, Е. И. Раченко // *Вестник ИРГСХА*, 2012. – № 52. – С. 52-56. – ISSN 1999-3765
6. Усольцев, В. А. Вертикально-фракционная структура фитомассы деревьев. Исследование закономерностей. / В. А. Усольцев – Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. – 608 с. – ISBN 978–5–94984–439–7
7. Усольцев, В. А. Биологическая продуктивность лесов Урала в условиях техногенного загрязнения: Исследование системы связей и закономерностей. / В. А. Усольцев, Е. Л. Воробейчик, И. Е. Бергман. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. – 366 с. – ISBN 978–5–94984–405–2
8. Усольцев, В. А. Методы таксации фитомассы деревьев: учебно-методическая разработка. / В. А. Усольцев, З. Я. Нагимов. – Свердловск: УЛТИ, 1988. – 46 с.
9. Якушев, В. И. Плодоводство с основами декоративного садоводства. / В. И. Якушев, В. В. Шевченко. – М.: Колос, 1980. – 270 с.
10. Biomass functions for the two alien tree species *Prunus serotina* Ehrh. and *Robinia pseudoacacia* L. in floodplain forests of Northern Italy / P. Annighöfer, I. Mölder, S. Zerbe, H. Kawaletz, A. Terwei, C. Ammer // *European Journal of Forest Research*. – 2012. – Vol. 131. – P. 1619–1635. – DOI: 10.1007/s10342-012-0629-2.
11. Intraspecific variability of apple tree by indicators of vegetative and generative organs / N. P. Bratilova, N. V. Moksina, O. A. Gerasimova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – Vol. 316. – DOI:10.1088/1755-1315/316/1/012012.
12. Variability of summer apple tree varieties in 2019 by indicators of vegetative organs / N. P. Bratilova, O. A. Gerasimova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – Vol. 421. – DOI:10.1088/1755-1315/421/8/082008.
13. Determination of Biomass Energy Equivalent of Apple *Malus communis* L in Kayseri Province / N. Cetin, C. Saglam, B. Demir // *1st International Congress on Biosistem Engineering (ICOBEN2019)*. – 2019. – P. 238-241
14. Leaf area estimation in some species of fruit tree by using models as a non-destructive method / H. Demirsoy // *Fruits*. – 2009. – Vol. 64 (1) - P. 45-51. – DOI: 10.1051/fruits:2008049.

15. Short communication. Validation of a leaf area estimation model for sweet cherry/ H. Demirsoy, G. A. Lang // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2010. – 8 (3) – P. 830-832. – DOI: 10.5424/sjar/2010083-1285
16. How does biomass allocation change with size and differ among species? An analysis for 1200 plant species from five continents / H. Poorter, A. M. Jagodzinski, R. Ruiz-Peinado, S. Kuyah, Y. Luo, J. Oleksyn, V. A. Usoltsev, T. N. Buckley, P. B. Reich, L. Sack // New Phytologist. – 2015. – Vol. 208. – Issue 3. – P. 736–749. DOI: 10.1111/nph.13571/epdf.
17. A simple and non-destructive model for individual leaf area estimation in citrus/ R. B. Mazzini, R. V. Ribeiro, R. M. Pio // Fruits. – 2010. – Vol. 65 (5). – P. 269-275. – DOI: 10.1051/fruits/2010022.
18. «Diminishing returns» in the scaling of functional leaf traits across and within species groups/ K. J. Niklas, E. D. Cobb, Ü. Niinemets, P. B. Reich, A. A. Sellin, B. Shipley, I. J. Wright // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2007. – Vol. 104. – P. 8891–8896. – DOI: 10.1073/pnas.0701135104.

References

1. Atkina L. I., Ignatova M. V. (2009) *Osobennosti formirovaniya nadzemnoj fitomassy boyaryshnika krovavo-krasnogo, yab-loni yagodnoj, ryabiny obyknovЕННОj i klена yasenelistnogo v usloviyah g. Ekaterinburga* [Features of the formation of aboveground phytomass of Redhaw Hawthorn, Dwarf Apple, Rowan Tree and Maple Ash in the conditions of Yekaterinburg]. *Lesа Rossiі i hozyajstvo v nih* [Forests of Russia and the economy in them]. No. 3(34). pp. 53-59 (in Russian). ISSN 2218-7545
2. Vasfilov S. P. (2011) *Analiz prichin izmenchivosti otnosheniya suhoj massy lista k ego ploshchadi u rastenij* [The analysis of the causes of variability of the relationship between leaf dry mass and area in plants]. *Zhurnal obshchej biologii* [Journal of General Biology]. 72. No. 6. pp. 436–454 (in Russian). ISSN 0044-4596
3. Ignatova, M. V. *Osobennosti formirovaniya nadzemnoj fitomassy boyaryshnika krovavo-krasnogo, yablони yagodnoj, ryabiny obyknovЕННОj i klена yasenelistnogo v usloviyah g. Ekaterinburga*: diss. kand. s.-h. nauk: 06.03.03: protected 28.04.2011, Ekaterinburg: UGLTU. 2011. p. 130.
4. Matveeva R. N., Butorova O. F., Moksina N. V., Repyah M. V. *Selekciya yablони v Botanicheskom sadu im. Vs.M. Krutovskogo* [Selection of apple trees in the Botanical Garden named after Vs.M. Krutovsky]. Krasnoyarsk: SibGTU. 2006. p. 357 (in Russian). ISBN–5–8173–0264–4
5. Rachenko M. A., Rachenko E. I. (2012) *Osobennosti rosta i plodonosheniya krupnoplodnyh sortov yablони v usloviyah YUzhnogo Predbajkal'ya* [Peculiarities of growth and fruit-bearing of varieties of largefruited apple in the Southern Prebaikal area]. *Vestnik IRGSKHA* [Bulletin IRGSHA]. No. 52. pp. 52-56 (in Russian). ISSN 1999-3765
6. Usolcev, V. A. *Vertikal'no-frakcionnaya struktura fitomassy derev'ev. Issledovanie zakono-mernostej* [The vertical-fractional structure of the phytomass of trees. The study of patterns]. Ekaterinburg: UGLTU. 2013. p. 608 (in Russian). ISBN 978–5–94984–439–7
7. Usolcev V. A., Vorobejchik E. L., Bergman I. E. *Biologicheskaya produktivnost' lesov Urala v uslo-viyah tekhnogennogo zagryazneniya: Issledovanie sistemy svyazej i zakonomernostej* [Biological Productivity of Ural Forests under Conditions of Air Pollutions: An Investigation of a System of Regularities]. Ekaterinburg: UGLTU. 2012. p. 366 (in Russian). ISBN 978–5–94984–405–2
8. Usolcev V. A., Nagimov Z. Ya. *Metody taksacii fitomassy derev'ev: Uchebno-metodicheskaya razrabotka* [Methods of taxation of phytomass of trees: educational and methodological development]. Sverdlovsk: ULTI. 1988. p. 46 (in Russian).
9. Yakushev V. I, Shevchenko V. V. *Plodovodstvo s osnovami dekorativnogo sadovodstva* [Fruit growing with the basics of decorative gardening]. M.: Kolos. 1980. p. 270 (in Russian).
10. Annighöfer P., Mölder I., Zerbe S., Kawaletz H., Terwei A., Ammer C. (2012) Biomass functions for the two alien tree species *Prunus serotina* Ehrh. and *Robinia pseudoacacia* L. in floodplain forests of Northern Italy. *European Journal of Forest Research*. Vol. 131, pp. 1619–1635. DOI: 10.1007/s10342-012-0629-2.

11. Bratilova N. P., Moksina N. V., Gerasimova O. A. (2019) Intraspecific variability of apple tree by indicators of vegetative and generative organs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 316. DOI:10.1088/1755-1315/316/1/012012
12. Bratilova N. P., Gerasimova O. A. (2019) Variability of summer apple tree varieties in 2019 by indicators of vegetative organs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 421. DOI:10.1088/1755-1315/421/8/082008.
13. Cetin N., Saglam C., Demir B. (2019) Determination of Biomass Energy Equivalent of Apple *Malus communis* L in Kayseri Province. *1st International Congress on Biosistem Engineering (ICOBEN2019)*. pp. 238-241
14. Demirsoy H. (2009) Leaf area estimation in some species of fruit tree by using models as a non-destructive method. *Fruits*. Vol. 64 (1), pp. 45-51. DOI: 10.1051/fruits:2008049.
15. Demirsoy H., Lang G. A. (2010) Short communication. Validation of a leaf area estimation model for sweet cherry. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 8 (3), pp. 830-832. – DOI: 10.5424/sjar/2010083-1285
16. Poorter H., Jagodzinski A. M., Ruiz- Peinado R., Kuyah S., Luo Y., Oleksyn J., Usoltsev V. A., Buckley T. N., Reich P. B., Sack L. (2015) How does biomass allocation change with size and differ among species? An analysis for 1200 plant species from five continents. *New Phytologist*. Vol. 208, Issue 3, pp. 736–749. DOI: 10.1111/nph.13571/epdf.
17. Mazzini R. B., Ribeiro R. V., Pio R. M. (2010) A simple and non-destructive model for individual leaf area estimation in citrus. *Fruits*. Vol. 65 (5), pp. 269-275. DOI: 10.1051/fruits/2010022.
18. Niklas K. J., Cobb E. D., Niinemets Ü., Reich P. B., Sellin A. A., Shipley B., Wright I. J. (2007) «Diminishing returns» in the scaling of functional leaf traits across and within species groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol. 104, pp. 8891–8896. DOI: 10.1073/pnas.0701135104.

Сведения об авторах

Братилова Наталья Петровна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции и озеленения ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева», г. Красноярск, Российская Федерация; e-mail: nbratilova@yandex.ru.

Герасимова Ольга Александровна – аспирант кафедры селекции и озеленения ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева», г. Красноярск, Российская Федерация; e-mail: goa.1903@yandex.ru.

Information about authors

Bratilova Natalya Petrovna – DSc (Agriculture), Professor, Department of selection and gardening, FSBEI HE "Reshetnev Siberian State University of Science and Technology", Krasnoyarsk, Russian Federation; e-mail: nbratilova@yandex.ru.

Gerasimova Olga Aleksandrovna – postgraduate student, Department of selection and gardening, FSBEI HE "Reshetnev Siberian State University of Science and Technology", Krasnoyarsk, Russian Federation; e-mail: goa.1903@yandex.ru.