УДК [581.55: 581.6]:470.55/.58

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРНЕВИЩ *ACONITUM SEPTENTRIONALE* KOELLE В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ ГОРНО-ЛЕСНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

© 2016 С.Н. Жигунова[1], З.А. Ибатуллина[1], Г.В. Шендель[1], О.И. Михайленко[2]

[1] Уфимский институт биологии РАН
[2] Уфимский государственный нефтяной технический университет

Статья поступила в редакцию 22.05.2016

С использованием экспресс-метода оценки продуктивности заготавливаемой части растения по его обилию и встречаемости в растительных сообществах в горно-лесной зоне Республики Башкортостан проведен анализ биологической продуктивности корневищ *Aconitum septentrionale* Koelle. В этой зоне *A. septentrionale* встречается в сообществах, относящихся в системе эколого-флористической классификации к 51 ассоциации и безранговым сообществам 16 союзов 13 порядков 7 классов растительности. Высокую биологическую продуктивность этот вид имеет в 14 ассоциациях и одном безранговом сообществе подгольцовой, луговой, лесной и синантропной растительности. Наибольшая биологическая продуктивность корневищ A. septentrionale (211,0–290,5 кг/га в сухой массе) выявлена на вырубках сосново-березовых лесов возрастом до трех лет с относительно мало нарушенным напочвенным покровом и хорошим режимом увлажнения. Установлено, что вырубки являются наиболее перспективным местообитанием для заготовок корневищ *A. septentrionale*. В сообществах с высоким обилием *A. septentrionale* отмечается большой размах вариабельности продуктивности корневищ этого вида, что связано с контагиозным распределением его зарослей. При анализе интервальная оценка хорошо отражает вариабельность продуктивности корневищ *A. septentrionale* в пределах сообществ одного синтаксона.

Ключевые слова: *Aconitum septentrionale*, биологическая продуктивность, горно-лесная зона, Южный Урал

Борец северный (*Aconitum septentrionale* Koelle, сем. *Ranunculaceae* Juss.) является одним из наиболее широко распространенных на Южном Урале перспективных алкалоидоносных видов – источников сырья для производства медицинских препаратов [1, 2]. Его корневища используют в качестве сырья для получения дитерпенового алкалоида лаппаконитина, на основе которого производится антиаритмический препарата Аллапинин. Продуктивность вида в растительных сообществах, описанных в системе единиц эколого-флористической классификации, ранее анализировалась с использованием традиционных методов ботанического ресурсоведения [3]. Однако к настоящему времени число описанных синтаксонов существенно увеличилось и изменился их объем, что, с одной стороны, позволяет точнее характеризовать экологические особенности местообитаний этого вида, а с другой стороны, – требует уточнения продуктивности корневищ *A. septentrionale* в ранее описанных синтаксонах и ее расчет в сообществах новых синтаксонов.

Цель работы: анализ биологической продуктивности корневищ *A. septentrionale* с использованием экспресс-метода оценки продуктивности заготавливаемой части растения по его обилию и встречаемости в растительных сообществах горно-лесной зоны Республики Башкортостан (РБ).

Жигунова Светлана Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии растительных ресурсов. E-mail: zigusvet@yandex.ru
Ибатуллина Зарина Азатовна, младший научный сотрудник лаборатории экологии растительных ресурсов. E-mail: zarina.ibatullina.91@mail.ru
Шендель Галина Викторовна, научный сотрудник лаборатории экологии растительных ресурсов. E-mail: gal.shendel@yandex.ru
Михайленко Оксана Ивановна, кандидат химических наук, доцент кафедры общей и аналитической химии. E-mail: trioksan@mail.ru

Материалы и методы. Для оценки продуктивности корневищ *A. septentrionale* был использован метод расчета продуктивности растений по проективному покрытию, ранее применявшийся для других видов [4-6] с модификациями, позволяющими использовать при расчетах их обилие и встречаемость вида в растительных сообществах [1]. На предварительном этапе было проанализировано обилие этого вида в геоботанических описаниях растительных сообществ Южного Урала для того, чтобы оценить вариабельность этого показателя. Далее в типичных для вида растительных сообществах (*Stachyo sylvaticae-Tilietum cordatae*, *Lathyro gmelinii-Laricetum sukaczewii* и *Calystegio-Archangelicetum littoralis* - название растительных сообществ приведено по Продромусу растительных сообществ РБ [7]) для каждого балла обилия закладывалось по 10-15 площадок размером 1 м^2, на которых отмечалось проективное покрытие и выкапывались, высушивались и взвешивались корневища изучаемого вида. Было установлено, что корреляция между сухой массой корневищ и проективным покрытием надземной части растений *A. septentrionale* составляет +0,89, что соответствовало данным литературы [8, 9]. Затем проводился регрессионный анализ линейной зависимости массы заготавливаемых частей растений этого вида на единицу площади (сырьевой продуктивности) от его проективного покрытия. В результате было получено уравнение:

$$М = 0,5283 + 1,0967*Пп,$$

где М – сырьевая продуктивность заготавливаемой части растений, ц/га, Пп – проективное покрытие *A. septentrionale*, %.

При расчетах интервальных значений продуктивности использовались минимальные и максимальные значения баллов обилия в геоботанических описаниях: для балла «r» в качестве минимального и максимального значения проективного покрытия брались 0,1% и 0,4%; для балла «+» – соответственно, 0,5% и

0,9%; для балла «1» – 1% и 4,9% и т.д. Для интервальной оценки продуктивности *A. septentrionale* в конкретной ассоциации вычислялось среднее арифметическое минимальных и среднее арифметическое максимальных значений проективного покрытия в геоботанических описаниях (без учета описаний, в которых вид не встретился). Затем по регрессионному уравнению рассчитывалась средняя минимальная и средняя максимальная продуктивности в геоботанических описаниях с присутствием этого вида. Полученные значения умножались на встречаемость вида в сообществе (отношение числа геоботанических описаний с участием вида к общему числу описаний, приведенных для характеристики ассоциации) [1].

Результаты и обсуждение. В горно-лесной зоне РБ *A. septentrionale* встречается в сообществах, относящихся в системе эколого-флористической классификации к 51 ассоциации и безранговым сообществам 16 союзов 13 порядков 7 классов растительности. Наиболее высокую биологическую продуктивность этот вид имеет в 15 ассоциациях и безранговых сообществах подгольцовой, луговой, лесной и синантропной растительности (табл. 1). Из таблицы 1 видно, что наибольшая биологическая продуктивность корневищ *A. septentrionale* (211,0–290,5 кг/га в сухой массе) характерна для вырубок варианта *Populus tremula* субассоциации *epilobietosum montanae* ассоциации *Chamaenerio angustifolii-Deschampsietum cespitosae*. Сообщества варианта *Populus tremula* формируются на вырубках сосново-березовых лесов возрастом до трех лет с относительно мало нарушенным напочвенным покровом в условиях хорошего режима увлажнения, что обусловливает быстрое формирование обильного подроста с доминированием осины семенного и вегетативного происхождения. По мере роста подроста на месте сообществ варианта *Populus tremula* формируются сообщества субассоциации *Chamaenerio angustifolii-Deschampsietum cespitosae* subass. *populetosum tremulae*. При этом происходит угнетение *A. Septentrionale* и продуктивность его корневищ снижается в 5-6 раз (табл. 1). Через 10-12 лет после проведения рубок эти сообщества постепенно замещаются коренными сообществами сосново-березовых лесов преимущественно ассоциации *Bupleuro longifoliae-Pinetum sylvestris*, в которых продуктивность падает до 14-35 кг/га в сухой массе. При наличии умеренных антропогенных воздействий (эпизодического выпаса и сенокошения) на месте небольших вырубок могут формироваться поляны, которые в системе эколого-флористической классификации относятся к сообществу *Aconitum licoctonum-Bistorta major* с достаточно высокой продуктивностью корневищ *A. septentrionale* (52,4–149,0 кг/га в сухой массе). Таким образом, вырубки сосново-березовых лесов возрастом до трех лет с относительно мало нарушенным напочвенным покровом и хорошим режимом увлажнения являются наиболее перспективным местообитанием для заготовок корневищ *A. septentrionale.*

Почти столь же высокая продуктивность корневищ *A. septentrionale* (60,1–279,5 кг/га в сухой массе) наблюдается в синантропных сообществах *Chaerophylletum prescottii* и *Calystegio-Archangelicetum littoralis*. При этом собственно синантропными являются только высокотравные сообщества *Chaerophylletum prescottii*, формирующиеся в горно-лесной зоне на местах, где в результате антропогенной деятельности почва обогащена азотом (поляны с порубочными остатками, места бывших стоянок скота и т.д.). Эти сообщества не занимают больших площадей и не представляют интереса для массовой заготовки корневищ.

Таблица 1. Биологическая продуктивность корневищ *Aconitum septentrionale* Koelle в типичных для этого вида растительных сообществах горно-лесной зоны РБ

Растительные сообщества	**Продуктивность в сухой массе, кг/га**
подгольцовая растительность	
Aconogono alpini-Filipenduletum ulmariae	30,0–125,9
Cicerbito uralensis-Aconogononetum alpini	19,1–73,2
лесная растительность	
Cerastio pauciflori-Piceetum obovatae subass. *populetosum tremulae*	90,3–276,0
Lathyro gmelinii-Laricetum sukaczewii	53,1–241,9
Geo rivali-Pinetum sylvestris	43,0–193,3
Brachypodio sylvatici-Abietetum sibiricae	44,4–156,7
Cerastio pauciflori-Piceetum obovatae subass. *betuletosum pubescentis*	25,2–100,9
Chrysosplenio alternifolii-Piceetum obovatae	27,3–84,6
Myosotido sylvaticae-Pinetum sylvestris	15,5–55,0
Galio odorati-Pinetum sylvestris	22,7–50,8
Stachyo sylvaticae-Tilietum cordatae	17,8–49,3
луговая растительность	
Сооб. *Aconitum licoctonum-Bistorta major*	52,4–149,0
синантропная растительность	
Chaerophylletum prescottii	60,1–279,5
Calystegio-Archangelicetum littoralis	60,1–279,5
Urtico dioicae-Filipenduletum ulmariae	11,3–45,2
вырубки	
Chamaenerio angustifolii-Deschampsietum cespitosae subass. epilobietosum montanae var. *Populus tremula*	211,0–290,5
Chamaenerio angustifolii-Deschampsietum cespitosae subass. *populetosum tremulae*	20,4–78,0

Второй тип сообществ – *Calystegio-Archangelicetum littoralis* – формируется по всей горно-лесной зоне в поймах небольших рек и ручьев с различной продолжительностью стояния воды в разные годы во время весеннего разлива, который и является фактором нарушаемости растительного покрова. В составе сообществ ассоциации *Calystegio-Archangelicetum littoralis* кроме *A. septentrionale* представлены и другие крупные травянистые виды, такие как *Angelica archangelica*, *Heracleum sibiricum* и др. В поймах сообщества этой ассоциации часто чередуются с сообществами ассоциации *Urtico dioicae-Filipenduletum ulmariae*, в которых продуктивность корневищ *A. septentrionale* в 5-6 раз ниже вследствие высокой конкуренции с доминирующими видами этой ассоциации.

Высокая продуктивность корневищ *A. Septentrionale* характерна также для подгольцовых высокотравных лугов ассоциаций *Aconogono alpini-Filipenduletum ulmariae* и *Cicerbito uralensis-Aconogononetum alpini*. В ассоциации *Aconogono alpini-Filipenduletum ulmariae* она составляет 30,0-125,9 кг/га в сухой массе, а в ассоциации *Cicerbito uralensis-Aconogononetum alpini* – 19,1-73,2 кг/га в сухой массе. Эти сообщества распространены в верхней части лесного пояса (1000-1100 м над ур. м.) по лесным полянам, днищам ложбин вдоль покатых склонов. Ассоциация *Aconogono alpini-Filipenduletum ulmariae* объединяет высокотравные луга

на многих хребтах и горных массивах (Яман-тау, Колпак, Нары, Юша, Кумардак, Машак и др.) [10], а ассоциация *Cicerbito uralensis-Aconogononetum alpini* – высокотравные луга на горном массиве Иремель [11]. В связи с редкостью этих сообществ заготовку корневищ *A. septentrionale* проводить в них нецелесообразно.

В лесной растительности наиболее высокая продуктивность (90,3–276,0 кг/га в сухой массе) выявлена в субассоциации *populetosum tremulae* ассоциации *Cerastio pauciflori-Piceetum obovatae*. Ассоциация объединяет елово-пихтовые неморальнотравные леса, распространенные в горных регионах Южного и Среднего Урала. Они приурочены преимущественно к слаборазвитым, средним по плодородию и достаточно увлажненным почвам на пологих склонах хребтов различных экспозиций на высоте 700-1100 м над ур. м. [12]. Субассоциация *Cerastio pauciflori-Piceetum obovatae* subass. *populetosum tremulae* объединяет вторичные сообщества этой ассоциации на наиболее влажных и богатых почвах. На более бедных почвах после рубок лесов этой ассоциации формируются вторичные березняки субассоциации *Cerastio pauciflori-Piceetum obovatae* subass. *betuletosum pubescentis,* в которых продуктивность корневищ *A. septentrionale* также достаточно высока, но в 3-4 раза ниже, чем в лесах *Cerastio pauciflori-Piceetum obovatae* subass. *populetosum tremulae.* В целом, несмотря на достаточно высокую продуктивность корневищ *A. septentrionale*, леса этих субассоциаций в большинстве случаев не представляют большого интереса для заготовки корневищ из-за значительной удаленности от населенных пунктов.

Почти такая же высокая продуктивность корневищ *A. septentrionale* (53,1-241,9 кг/га в сухой массе) характерна для лиственничных лесов у верхней границы распространения лесной растительности, которые относятся к ассоциации *Lathyro gmelinii-Laricetum sukaczewii.* Эти лиственничники сохранились в виде узкого пояса на высоте 800-900 м над ур.м. на восточном макросклоне хребта Аваляк, в горном массиве Иремель и на некоторых других высоких хребтах Южного Урала. Эти леса являются реликтовыми, имеют уникальный характер и не могут быть использованы в качестве мест заготовки корневищ *A. septentrionale*.

Несколько более низкая продуктивность корневищ *A. septentrionale* (43,0-193,3 кг/га в сухой массе) наблюдается в высокопродуктивных широкотравных сосняках и березово-сосновых лесах, ассоциации *Geo rivale-Pinetum sylvestris*. Эти леса встречаются в наиболее широких долинах горных речек и на пологих подножиях хребтов горного массива Урал-тау и приуро--чены к наиболее богатым для горно-лесной зоны горно-лесным дерновым почвам с достаточным и, иногда, избыточным увлажнением [12]. Большая часть этих лесов в настоящее время вырублена, и на их месте сформировались пойменные луговые сообщества сенокосно-пастбищного использования.

Высокая продуктивность корневищ *A. Septentrionale* (44,4-156,7 кг/га в сухой массе) выявлена также в лесах ассоциации *Brachypodio sylvatici-Abietetum sibiricae*, которые представляют собой смешанные темнохвойно-широколиственные леса, формирующиеся на относительно богатых серых лесных почвах нормального увлажнения на Уфимском плато. Этот тип лесных сообществ приурочен к плоским вершинам хребтов и верхним частям пологих склонов при выходе на плато [13]. Эти местообитания достаточно доступны и представляют несомненный интерес для заготовки корневищ *A. septentrionale.* На Уфимском плато достаточно высокая продуктивность корневищ *A. septentrionale* (27,3-84,6 кг/га в сухой массе) наблюдается также в смешанных темнохвойно-широколиственных лесах ассоциации *Chrysosplenio alternifolii-Piceetum obovatae.* Эти леса формируются на относительно богатых серых лесных почвах с обильным увлажнением. Этот тип лесных сообществ на Уфимском плато приурочен в основном к плоским вершинам хребтов либо к подошвам пологих склонов и верхним частям крутых склонов северных экспозиций при выходе на плато. Крутизна склона может варьировать от 5° до 40° [13]. Эти леса также могут быть использованы для заготовок корневищ *A. septentrionale*.

Продуктивность корневищ *A. septentrionale* в среднем от 20 до 50 кг/га в сухой массе отмечается еще в двух широко распространенных типах лесных сообществ – ассоциациях *Stachyo sylvaticae-Tilietum cordatae* и *Galio odorati-Pinetum.* Ассоциация *Stachyo sylvaticae-Tilietum cordatae* представляет собой смешанные липово-кленовые широкотравные леса, формирующиеся на богатых серых лесных почвах нормального увлажнения [12]. Они приурочены к пологим склонам увалов различных экспозиций, подошвам хребтов, а также к большим плоским вершинам и имеют достаточно широкое распространение на западном макросклоне Южного Урала и Уфимском плато. Вторая ассоциация – *Galio odorati-Pinetum sylvestris* объединяет неморальнотравные сосновые леса, которые встречаются на подошвах пологих склонов, преимущественно северных и восточных экспозиций в западной части Бурзянского района РБ на серых лесных, относительно богатых и хорошо увлажненных почвах. В обоих типах лесных сообществ *A. Septentrionale* распространен неравномерно и его заросли приурочены, прежде всего, к нарушенным участкам леса. В целом, эта закономерность характерна и для других лесных сообществ.

Выводы:

1. В системе единиц эколого-флористической классификации сообщества, имеющие в своем флористическом составе *A. septentrionale*, относятся к 51 ассоциации и безранговым сообществам 16 союзов 13 порядков 7 классов растительности

2. Высокую биологическую продуктивность этот вид имеет в 14 ассоциациях и одном безранговом сообществе подгольцовой, луговой, лесной и синантропной растительности. Наибольшая биологическая продуктивность корневищ *A. septentrionale* выявлена на вырубках сосново-березовых лесов возрастом до трех лет с относительно мало нарушенным напочвенным покровом и хорошим режимом увлажнения. Установлено, что вырубки являются наиболее перспективным местообитанием для заготовок корневищ *A. septentrionale*.

3. В сообществах с высоким обилием *A. septentrionale* отмечается большой размах вариабельности продуктивности корневищ этого вида, что связано с контагиозным распределением его зарослей. При анализе продуктивности корневищ этого вида в растительных сообществах, занимающих большие территории, интер-вальная оценка хорошо отражает вариабельность продуктивности корневищ *A. septentrionale* в пределах сообществ одного синтаксона.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований РАН «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга (тема – Разработка инновационных подходов к управлению растительными ресурсами для производства медицинских препаратов на основе дитерпеновых алкалоидов)»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Федоров, Н.И.* Методологические основы оптимизации ресурсного использования лекарственной флоры Южного Урала / *Н.И. Федоров, С.Н. Жигунова, О.И. Михайленко*. – М.: Наука, 2013. 212 с.
2. *Лугманова, М.Р.* Суммарное содержание алкалоидов в некоторых растениях лесного пояса Южного Урала / *М.Р. Лугманова, Н.И. Федоров, О.И. Михайленко, Я.О. Гуркова* // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47. № 4. С. 113-118.
3. *Федоров, Н.И. Aconitum* L. и *Delphinium* L. на Южном Урале: внутривидовая структура, закономерности содержания алкалоидов, оптимизация ресурсного использования: Дис. … докт. биол. наук. – Уфа, 2006. 272 с.
4. Методика выявления дикорастущих сырьевых ресурсов при лесоустройстве. – М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1987. 54 с.
5. *Попова, Е.Н.* О регрессии урожайности и проективного покрытия горицвета весеннего на южной границе ареала / *Е.Н. Попова, И.В. Абрашкин* // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистемы Черноморского побережья: Научно-практическая конференция: Сб. матер. Ч. 1 / Куб. гос. ун-т. – Краснодар, 1991. С. 41-43.
6. *Мухина, В.Ф.* Оценка плотности запаса Arctostapholos uva-ursi (L.) Spreng. в Центральной Якутии // Растительные ресурсы. 1995. Т. 31. № 2. С. 75-78.
7. *Ямалов, С.М.* Продромус растительных сообществ Республики Башкортостан / *С.М. Ямалов, В.Б. Мартыненко, Л.М. Абрамова* и др. – Уфа: Гилем, 2012. 100 с.
8. *Елсаков, В.В.* Спутниковый мониторинг в оценке ресурсов аконита высокого на Приполярном Урале / *В.В. Елсаков, В.В. Володин, И.Ф. Чадин* и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 1(4). С. 1123-1129.
9. *Елсаков, В.В.* Способ оценки распределения и запасов ресурсных и редких видов растений в пределах крупных территориальных массивов / *В.В. Елсаков, В.В. Володин, И.Ф. Чадин, И.О. Марущак*: Пат. 2443977 (РФ). 2012.
10. *Ямалов, С.М.* Синтаксономия луговых сообществ // Флора и растительность Южно-Уральского государственного природного заповедника. – Уфа: Гилем, 2008. С. 256-263.
11. *Ишбирдин, А.Р.* Растительность горного массива Иремель: синтаксономия и вопросы охраны / *А.Р. Ишбирдин, Р.Ю. Муллагулов, С.И. Янтурин*. – Уфа, 1996. 109 с.
12. *Мартыненко, В.Б.* Синтаксономия лесов Южного Урала как теоретическая основа развития системы их охраны: Дис. … докт. биол. наук. – Уфа, 2009. 495 с.
13. *Кулагин, А.Ю.* Водоохранно-защитные леса Уфимского плато: экология, синтаксономия и природоохранная значимость / *А.Ю. Кулагин, Э.З. Башева, А.Н. Давыдычев* и др.. – Уфа: Гилем, 2007. 448 с.

THE BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF *ACONITUM SEPTENTRIONALE* KOELLE RHIZOME IN THE PLANT COMMUNITIES OF MOUNTAIN-FOREST ZONE IN BASHKORTOSTAN REPUBLIC

© 2016 S.N. Zhigunova[1], Z.A.Ibatullina[1], G.V. Shendel[1], O.I. Mikhailenko[2]

[1] Ufa Institute of Biology RAS
[2] Ufa State Petroleum Technological University

The analysis of biological productivity of *Aconitum septentrionale* Koelle rhizomes using express method of assessment the productivity of plant harvested part according to their abundance and occurrence in plant communities of the mountain-forest zone in Bashkortostan Republic was performed. In this zone *A. septentrionale* found in the communities related to 51 associations and rank free communities of 16 of 13 orders of 7 vegetation classes according to the system of eco-floristic classification. The high biological productivity these species have in 14 associations and one rank free community of bald, meadow, forest and synanthropic vegetation. The most biological productivity of *A. septentrionale* rhizomes (of 211,0–290,5 kg/ha dry weight) occurred at clearings of pine and birch forests under the age of three years with relatively little disturbed ground cover and a good regime of moisturizing). It's was found that cuttings are the most perspective inhabitant for harvesting of *A. septentrionale* rhizomes. Communities with high abundance of *A. septentrionale* show high range of variability in productivity of rhizomes of this species because its contagious distribution of its thickets. When analyzing of productivity of rhizomes of this species in plant communities covering of large areas the interval assessment indicates the variability of productivity of rhizomes of *A. septentrionale* within communities of the same syntaxon.

Key words: *Aconitum septentrionale, biological productivity, mountain-forest zone, South Urals*

Svetlana Zhigunova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow at the Laboratory of Vegetation Resources Ecology. E-mail: zigusvet@yandex.ru
Zarina Ibatullina, Minor Research Fellow at the Laboratory of Vegetation Resources Ecology. E-mail: zarina.ibatullina.91@mail.ru
Galina SHendel, Research Fellow at the Laboratory of Vegetation Resources Ecology. E-mail: gal.shendel@yandex.ru
Oksana Mikhailenko, Candidate of Chemistry, Associate Professor at the Department of Common and Analytical Chemistry. E-mail: trioksan@mail.ru