

УДК 581.331.2:582.971.1(235.222)

А.И. Куликова

A.I. Kulikova

## СОСТОЯНИЕ ПЫЛЬЦЫ *LONICERA CAERULEA* В ЛОКАЛЬНОЙ ЗОНЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ГОРНОГО АЛТАЯ

### CONDITION OF *LONICERA CAERULEA* POLLEN IN THE LOCAL AREA OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL HETEROGENEITY OF ALTAI MOUNTAINS

В природной популяции *Lonicera caerulea* в локальной зоне геологической неоднородности Горного Алтая (хр. Каменный белок) проведено изучение изменчивости некоторых показателей репродуктивной способности. Получены данные о достоверном влиянии недифференцированного комплекса геоэкологических характеристик среды на морфометрические характеристики пыльцевых зерен жимолости синей. Предполагается, что под воздействием комплекса факторов, связанных с геологической активностью, происходит снижение фертильности и изменение размеров пыльцевых зерен.

Проблема образования различных аномалий пыльцевых зерен активно обсуждается в литературе. Большинство авторов считают нарушения процесса нормального развития пыльцевых зерен ответными реакциями растения на воздействие неблагоприятных внешних факторов (Бессонова, 1992; Batygina, Vasilyeva, 2003). Снижение фертильности может привести к снижению потенциальной семенной продуктивности растений (Круглова, 2011). Обнаружена связь между количеством aberrаций в мейозе, стерильностью пыльцы, изменением её размеров и накоплением тяжелых металлов в цветочных почках, что позволяет использовать пыльцу для целей биоиндикации (Анисимова и др., 2000). Поскольку жимолость – облигатный перекрестник, высокая фертильность пыльцевых зерен необходима для успешного завязывания плодов и поддержания численности популяции. Многие исследователи оценивают микроспоро- и гаметогенез как функционально-адаптивные процессы, обеспечивающие надежность воспроизводства популяции растений (Левина, 1981; Злобин, 2000).

Проведенные ранее исследования особенностей микроспорогенеза жимолости синей показали, что её пыльца характеризуется высокой полноценностью (Плеханова, Вишнякова, 1986). Однако у отдельных групп образцов алтайского происхождения наблюдались аномалии в мейозе, ведущие к формированию стерильной пыльцы, и отмечалось снижение фертильности пыльцы у потомства этих растений (Боярских, Куликова, 2011). Пыльцевые зерна *L. altaica* Pall. (= *L. caerulea* subsp. *altaica* Pall.) имеют сплюсненно-шаровидную форму, длина полярной оси 50,4 мкм, длина экваториального диаметра 50,4–61,2 мкм (Куприянова, Алешина, 1972).

В результате сравнительной оценки изменчивости признаков репродуктивной сферы *L. caerulea* s. l. в различных по геоэкологическим характеристикам районах Горного Алтая была выделена популяция алтайского подвида жимолости синей – *L. caerulea* subsp. *altaica* Pall. (Республика Алтай, Усть-Коксинский р-н, вблизи пос. Верхний Уймон), где наблюдалось значительное увеличение полиморфизма морфологических признаков цветков, а также нарушение их функционального состояния. Наряду с большим разнообразием формы цветков, здесь отмечались растения с различными типами фасцированных цветков, нехарактерным расположением андрогцея и гинецея, аномалиями в строении пыльников и пыльцевых зерен. У отдельных образцов были выявлены аномалии в микроспорогенезе, впервые у этого вида отмечен цитомиксис (Куликова, Боярских, 2014).

Выбранный участок характеризуется сверхбольшими градиентами геомагнитного поля (Боярских и др., 2012) и получил свое название – «Молниебойный хребтик» – за частое притяжение электрических разрядов во время гроз. На основании результатов картирования геомагнитного поля в пределах пригребневой части западного склона «хребтика» на участке площадью около 150×100 м в сходных геоботанических условиях были выбраны площадки, различающиеся по показателям величины индукции магнитного поля. На каждой из площадок были выделены и этикетированы все растения микропопуляций *L. caerulea* subsp. *altaica* для изучения динамики изменения репродуктивных характеристик. В зонах положительной и отрицательной магнитных аномалий были заложены площадки «A2+» и «A2-» соответственно. Вдоль восточной бровки ступени, обусловленной локальным тектоническим разломом, были заложены площадка «Вос-

ток», вдоль западной – площадка «Запад». Они характеризовались понижением индукции магнитного поля на 500–1000 нТл, что связано с их нахождением в зоне локального разлома. Контрольная площадка находилась в фоновом для этой территории геомагнитном поле. Все площадки различались по составу коренных пород, а также неоднородностью по радиационным характеристикам и концентрации химических элементов в почве (Боярских и др., 2012).

Исследования проводились в 2014 г. Фертильность пыльцы определялась ацетокарминовым методом (Паушева, 1989). Для исследования фертильности использовали оборудование Центра коллективного пользования ЦСБС СО РАН: световой микроскоп Axioskop-40, видеочамера AxioCam MRc 5 и установленное морфометрическое программное обеспечение AxioVision 4.6. Размеры пыльцевых зерен рассчитывали при помощи программы SIAMS Photolab. Достоверность различий микропопуляций с условным контролем оценивали с помощью t-критерия Стьюдента, а существенность различий между микропопуляциями – с помощью критерия Фишера.

В основном у *L. caerulea* subsp. *altaica* в исследуемых микропопуляциях формировалась пыльца очень высокого качества (до 90–100 %) (рис. 1). Однако повсеместно встречались образцы и с низкой фертильностью (50–80 %). В микропопуляциях «Восток» и A2– встречались также растения с очень низкой фертильностью (0–40 %). В среднем, наиболее низкой фертильностью отличались «Восток» и «A2–», там же отмечен самый высокий коэффициент варьирования фертильности пыльцевых зерен.

Пыльца жимолости в нашем исследовании была крупнее, чем указано в литературе. Несмотря на то, что средние значения размеров пыльцы у *L. caerulea* subsp. *altaica* были близкими, между растениями произрастающими в «A2–» и «Запад» наблюдалась достоверная разница с «Контролем» по длине экваториального диаметра пыльцевых зерен (табл.). Микропопуляция «A2–» также отличалась от всех остальных микропопуляций по фактору удлинения: он достоверно ниже (пыльцевые зерна более вытянутые). В

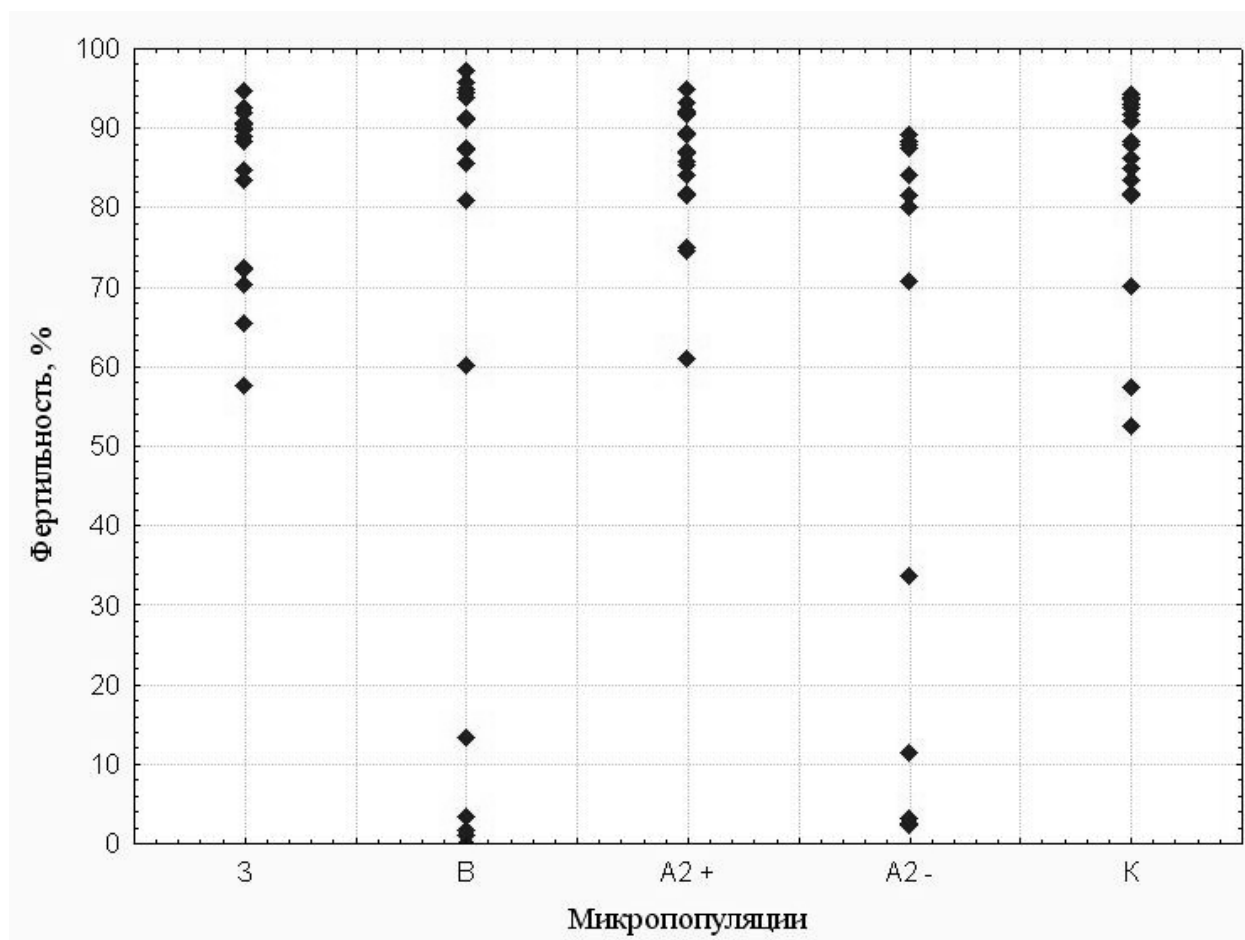


Рис. 1. Фертильность пыльцы растений в разных геофизических и геохимических условиях. Условные обозначения: «К» – Контроль; «A2–» – зона отрицательной магнитной аномалии и «A2+» – зона положительной магнитной аномалии; «З» – Запад; «В» – Восток.

микропопуляции «A2+» отмечались единичные очень крупные, возможно полиплоидные, пыльцевые зерна. Разница между микропопуляциями по морфометрическим параметрам была оценена статистически с помощью критерия Фишера. По результатам дисперсионного анализа установлено, что место произрастания влияет на длину экваториального диаметра ( $F(4,3245) = 2,5209$ ;  $p = 0,03924$ ) и на фактор удлинения ( $F(4,3245) = 25,591$ ;  $p = 0,000$ ) (рис. 2). По длине полярной оси ( $F(4,3245) = 1,4156$ ;  $p = 0,22610$ ) существенных различий между микропопуляциями не выявлено.

Исследование изменчивости репродуктивной способности жимолости синей в зонах геологической неоднородности показало, что микропопуляции *L. caerulea*, находящиеся в зонах с разными геохимически-

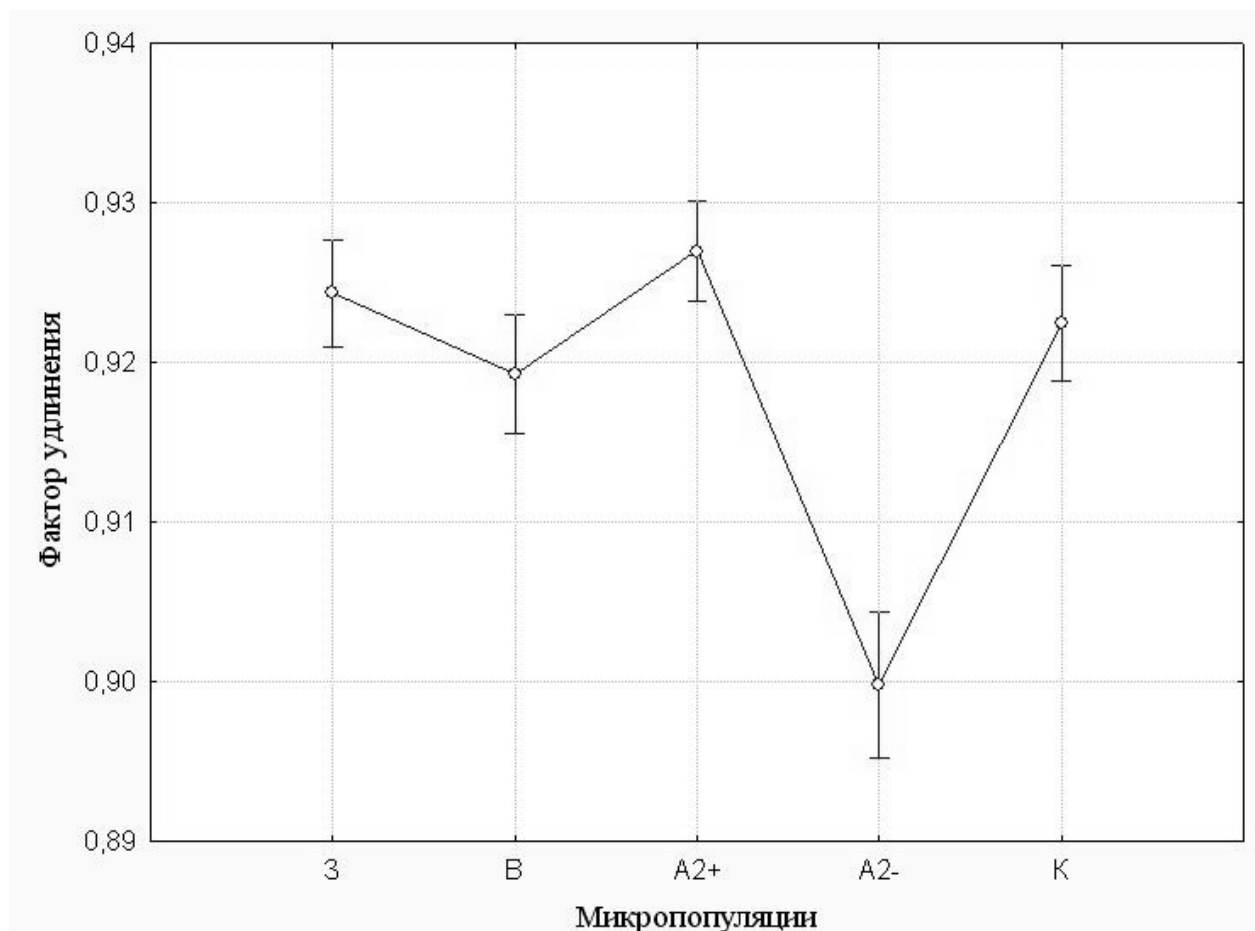


Рис. 2. Влияние места произрастания растений на фактор удлинения пыльцевых зерен. Условные обозначения: вертикальные столбцы показывают 95%-ые доверительные интервалы; «К» – Контроль; «A2-» – зона отрицательной магнитной аномалии и «A2+» – зона положительной магнитной аномалии; «3» – Запад; «B» – Восток.

ми и геофизическими характеристиками, достоверно различаются по морфометрическим характеристикам пыльцы, а также имеют разную фертильность. Некоторые комплексы геохимических и геофизических аномалий оказывает выраженное влияние на снижение фертильности пыльцевых зерен растений и их форму.

Таблица

Размеры пыльцы *Lonicera caerulea* subsp. *altaica*

Микропопуляция	Длина полярной оси			Длина экваториального диаметра		
	$x \pm s$	$C_v$	Лимит	$x \pm s$	$C_v$	Лимит
Контроль	$56,7 \pm 0,21$	9,59	70,52–39,13	$64,2 \pm 0,22$	8,81	77,40–46,47
A2-	$56,6 \pm 0,26$	9,35	69,10–36,39	$65,1^{**} \pm 0,29$	8,91	82,27–43,25
A2+	$57,2 \pm 0,15$	7,67	81,65–42,49	$64,4 \pm 0,18$	8,15	128,24–47,07
Запад	$57,1 \pm 0,19$	9,12	72,22–37,00	$64,8^* \pm 0,20$	8,50	82,57–41,62
Восток	$57,1 \pm 0,20$	8,49	84,84–41,53	$64,6 \pm 0,21$	8,10	99,48–47,01

Разница с контролем существенна на \*–0,05 и \*\*–0,01 уровне значимости

#### ЛИТЕРАТУРА

**Анисимова Г.М., Лянгузова И.В., Шамров И.И.** Влияние условий загрязнения окружающей среды на репродукцию растений // Эмбриология цветковых растений: Терминология и концепции. Т. 3: Системы репродукции. – СПб.: Мир и семья, 2000. – С. 532–537.

**Бессонова В.П.** Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами // Экология, 1992. – № 4. – С. 45–50.

**Боярских И.Г., Куликова А.И.** Жизнеспособность пыльцы и мейоз при микроспорогенезе у *Lonicera caerulea* L. s. l. в условиях лесостепи Приобья // Вестник АГАУ, 2011. – № 1(75). – С. 39–44.

**Боярских И.Г., Сысо А.И., Худяев С.А., Бакиянов А.И., Колотухин С.П., Васильев В.Г., Чанкина О.В.** Особенности элементного и биохимического состава *Lonicera caerulea* L. в локальной геологически активной зоне Катунского хребта (Горный Алтай) // Геоф. процессы и биосфера, 2012. – Т. 11, № 3. – С. 70–84.

**Злобин Ю.А.** Реальная семенная продуктивность // Эмбриология цветковых растений: Терминология и концепции. Т. 3: Системы репродукции. – СПб.: Мир и семья, 2000. – С. 260–262.

**Круглова А.Е.** Оценка качества пыльцевых зерен в зрелых пыльниках остролодочника сходного в условиях интродукции // Вестник Удмуртского университета, 2011. – Вып. 1. – С. 67–74.

**Куликова А.И., Боярских И.Г.** Особенности формирования репродуктивных структур у тератной формы *Lonicera caerulea* (Caryophyllaceae) // Бот. журн., 2014. – Т. 99, № 2. – С. 193–205.

**Куприянова Л.А., Алешина Л.А.** Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Т. 1. – Л.: Наука, 1972. – С. 82.

**Левина Р.Е.** Репродуктивная биология семенных растений. – М.: Наука, 1981. – 96 с.

**Паушева З.П.** Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1989. – 304 с.

**Плеханова М.Н., Вишнякова М.А.** Особенности опыления и оплодотворения жимолости подсемейства *Caerulea* Rehd. // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, 1986 – Т. 99. – С. 111–115.

**Vatygina T.B., Vasilyeva V.E.** Periodization of development of reproductive structures. Critical periods // Acta Biol. Cracov. Ser. Bot., 2003. – Vol. 45, No.1. – P. 27–36.

#### SUMMARY

In the natural population of *Lonicera caerulea* in the local area of geological heterogeneity of Gorny Altai (Kamenny Belok ridge) the variability of some characteristics of reproductive capacity were studied. The data about the significant influence of undifferentiated complex geo-ecological characteristics of the environment on morphological characteristics of pollen grains of blue honeysuckle were received. It is assumed that under the influence of factors related to the geological activity fertility is decreased and pollen grains are resized.