

## ОПИСАНИЕ ФАЙЛА

### **Проскуряков М.А. Методика хронобиологического анализа фенофаз медоносов**

Статья. – Журнал «Пчеловодство», № 1. – Москва. – 2011. - С. 20 – 22.

В статье предложена методика хронобиологического анализа, позволяющая на статистически значимом уровне исследовать динамику фенофаз медоносов. Ее применение позволит уверенно планировать работу по подготовке пасек к медосбору и пыльцесбору, опылению сельскохозяйственных растений, организации кочевок и зимовки пчелосемей в режиме времени изменения климата Земли.

**Далее следуют материалы опубликованного файла статьи.**

# МЕТОДИКА ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФЕНОФАЗ МЕДОНОСОВ

Для планирования работы по подготовке пасеки к медосбору, опылению сельскохозяйственных растений, организации кочевок, зимовки пчел необходимо изучить фенологию медоносов. Ранее наработанные знания в настоящее время требуют существенной корректировки, поскольку климат Земли меняется, и это может вызвать сдвиги фенофаз у растений. Цель данной работы — предложить методику хронобиологического анализа фенофаз медоносов.

Для решения этой задачи вид медоносного растения рассматривался автором как хронобиологическая процессуальная система, которая при изменении климата имеет определенную последовательность состояний во времени. Основное понятие — период жизни вида медоносного растения, то есть временной интервал, в течение которого эта система функционирует. Конкретными состояниями периода жизни являлись годы исследований. На выходе такой системы можно изучать фенологические характеристики медоносных растений. При этом важно, чтобы фенологические наблюдения проводились на постоянном участке, а накопленной базой данных обеспечивалось соблюдение принципа единственного их различия в режиме обитания растений по годам наблюдений. Исследуя связь между входом такой системы (периодом жизни) и ее выходом (фенодатами), можно получить сведения о скорости, направлении и величине изменений в фенологии каждого вида растений. Для уверенности в полученных выводах можно использовать статистические методы оценки тесноты связи.

Наши многолетние наблюдения свидетельствуют, что связь между исследуемым периодом лет и фенологической характеристикой медоносов носит криволинейный характер. Поэтому коэффициент линейной корреляции не пригоден для ее оценки. Необходимо рассчитывать корреляционное отношение.

Вместе с тем при изучении фенологии растений мы имеем дело с календарными датами, которые следует переводить в ряд чисел по специальной таблице. Чтобы сделать такую таблицу, необходимо пересчитать даты в нарастающем итоге суммы цифр, начиная с 1 марта. Например, 1 апреля будет 32-м днем, 1 мая — 62-м днем и т.д. Можно воспользоваться и опубликованными таблицами [2].

Для иллюстрации необходимых расчетов в качестве модельного объекта воспользуемся материалами наших 15-летних наблюдений за датой начала цветения кендыря ланцетолистного (*Arosupum lancifolium* Russan.) на одном и том же участке тугайных растительных сообществ дельты р. Или в Южном Прибалхашье. Характеристика этой медоносной базы была подробно рассмотрена в ж-ле «Пчеловодство» [3]. Кендырь ланцетолистный — основной раннелетний высокопродуктивный медонос данного региона.

Материалы полевых наблюдений с 1994 по 2008 г. представлены в таблице в графах «Годы наблюдений» и «Дата начала цветения». В графах «Дата начала цветения» и «Групповое среднее» представлены значения дат цветения, пересчитанные по специальной таблице (см. выше), а в скобках указаны соответствующие им календарные даты. В таблице приняты следующие обозначения:  $r_{yx}$  — корреляционное отношение  $Y$  (даты начала цветения кендыря ланцетолистного) по  $X$  (годы наблюдений);  $\bar{y}$  — общая средняя арифметическая дата начала цветения;  $\bar{y}_x$  — групповые средние даты начала цветения для каждой зафиксированной группы лет наблюдений;  $s_{\eta}$  — ошибка корреляционного отношения;  $\Sigma$  — сумма;  $n$  — объем выборки;  $t_{\text{факт}}$  — фактическое значение критерия  $t$  Стьюдента;  $v$  — число степеней свободы. По опубликованным таблицам (Доспехов, 1973) с учетом числа степеней свободы дается  $t_{\text{табл}}$  — табличное значение



Расчет вспомогательных величин для вычисления корреляционного отношения

Год наблюдений X	Среднее $\bar{x}_y$	Число наблюдений $n_x$	Дата начала цветения Y	Групповое среднее $\bar{y}_x$	Отклонение даты от группового среднего $Y - \bar{y}_x$	Квадрат отклонения $(Y - \bar{y}_x)^2$	Отклонение даты от общей средней $Y - \bar{y}$	Квадрат отклонения $(Y - \bar{y})^2$
1994			109 (17 июня)		0,67	0,45	11,8	139,24
1995	1995	3	112 (20 июня)	108,33 (16 июня)	3,67	13,47	14,8	219,04
1996			104 (12 июня)		-4,33	18,75	6,8	46,24
1997			86 (25 мая)		-12,33	152,03	-11,2	125,44
1998	1998	3	103 (11 июня)	98,33 (6 июня)	4,67	21,81	5,8	33,64
1999			106 (14 июня)		7,67	58,83	8,8	77,44
2000			106 (14 июня)		6,33	40,07	8,8	77,44
2001	2001	3	96 (4 июня)	99,67 (8 июня)	-3,67	13,47	-1,2	1,44
2002			97 (5 июня)		-2,67	7,13	-0,2	0,04
2003			103 (11 июня)		10	100	5,8	33,64
2004	2004	3	85 (24 мая)	93 (1 июня)	-8	64	-12,2	148,84
2005			91 (30 мая)		-2	4	-6,2	38,44
2006			87 (26 мая)		0,33	0,11	-10,2	104,04
2007	2007	3	84 (23 мая)	86,67 (26 мая)	-2,67	7,13	-13,2	174,24
2008			89 (28 мая)		2,33	5,43	-8,2	67,24
		$\bar{x} = 2001$	$n = 15$	$\Sigma Y = 1458$		$\Sigma (Y - \bar{y}_x)^2 = 506,68$		$\Sigma (Y - \bar{y})^2 = 1286,4$
				$\bar{y} = 97,2$				

$$\eta_{yx}^2 = \frac{\Sigma(Y - \bar{y})^2 - \Sigma(Y - \bar{y}_x)^2}{\Sigma(Y - \bar{y})^2} = \frac{1286,4 - 506,68}{1286,4} = 0,6061; \quad \eta_{yx} = \sqrt{\eta_{yx}^2} = \sqrt{0,6061} = 0,7785;$$

$$s_{\eta} = \sqrt{\frac{1 - \eta_{yx}^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{1 - 0,6061}{13}} = 0,1741;$$

$$t_{\eta \text{ факт}} = \frac{\eta_{yx}}{s_{\eta}} = \frac{0,7785}{0,1741} = 4,47;$$

при  $v = n - 2 = 15 - 2 = 13$ ;  $t_{0,05 \text{ табл}} = 2,16$ ; нулевая гипотеза отвергается, так как  $t_{\text{факт}} > t_{0,05}$ .

критерия t Стьюдента для 5%-ного уровня значимости.

В соответствии с рекомендациями по изучению криволинейных корреляционных связей [1] весь ряд наблюдаемых величин принято разбивать на 4–7 групп, чтобы в каждой группе независимого признака X было не менее двух наблюдений. При этом интервалы групп могут быть различными. В нашем примере исходные данные в таблице разбиты по годам наблюдений на 5 групп в возрастающем порядке лет. В каждой группе по три года. Затем вычисляли общую среднюю арифметическую дату начала цветения ( $\bar{y}$ ) и групповые средние даты начала цветения ( $\bar{y}_x$ ), соответствующие каждой зафиксированной группе лет. Определяли суммы квадратов отклонений для группового  $[\Sigma(Y - \bar{y}_x)^2]$  и общего  $[\Sigma(Y - \bar{y})^2]$  варьирования даты начала цветения. Все расчеты делали только по пересчитанным по специальной таблице датам начала цветения. Итоговые данные подставляли в формулы, с помощью которых определяли величину корреляционного от-

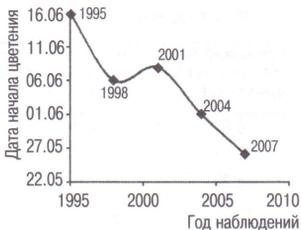
ношения, его ошибку и критерий существенности.

Как видим, в изученном районе дата начала цветения кендыря весьма существенно коррелирует с годами наблюдений и составляет более 77% ( $\eta = 0,7785$ ) от полной неразрывной, при которой корреляционное отношение равно единице. Все это говорит о наличии статистически значимой, тесной, близкой к функциональной связи, что позволяет перейти к анализу направления, скорости и величины изменения даты начала цветения в изучаемый период жизни.

Для этих целей можно построить графическое изображение линии регрессии даты начала цветения. Необходимо устранить влияние случайных отклонений и найти положение теоретической линии регрессии, которая будет отражать усредненное течение функции (фенодаты) при равномерном увеличении аргумента (лет наблюдений). Без дополнительных вычислений теоретическую линию регрессии с достаточным приближением можно построить графически. В нашем примере точки с координа-



тами значений групповых средних и в календарных датах (1995 и 16 июня; 1998 и 6 июня и т.д.) были нанесены на график и соединены плавной линией (рис.).



**Динамика даты начала цветения кандыря**

Полученная теоретическая линия регрессии показывает, что за наблюдаемый период существенно изменились даты начала цветения кандыря. При этом процесс трансформации начала цветения шел неравномерно. С 1995 по 1998 г. кандырь зацвел на 10 дней раньше. Затем этот процесс замедлился, и дата цветения несколько сдвинулась на более поздний срок.

Однако с 2001 г. смещение даты начала цветения опять ускорилось в направлении более ранних сроков, и в целом за наблюдаемый период она стала раньше на 22 дня. Очевидно, тенденция смещения даты цветения будет продолжена. Если не учитывать данного явления, то в нашем примере пчеловоды не успели бы нарастить нужной силы семей и к началу медосбора они оказались бы в состоянии развития. Тогда вместо товарного медосбора с кандыря пчелы вырастили бы на его нектаре новое поколение, которое уже не найдет своего применения.

На рассмотренном примере становится ясно, что без учета закономерностей трансформации даты цветения невозможно успешно подготовить пасеку к медосбору. Предлагаемая методика хронобиологического анализа позволяет статистически достоверно выяснить направление, скорость и величину изменений начала цветения медоносов в конкретный период, когда меняется режим среды обитания. Кроме того, она позволяет своевременно подготовить пасеку для медосбора, опыления рас-

тений и прогнозировать возможный ход дальнейших изменений сроков цветения в конкретной местности, при данном режиме и скорости трансформации среды обитания, а также решить задачу для любого пункта, где имеются преемственные, многолетние достоверные результаты наблюдений за фенологией медоносов. Пользуясь изложенной методикой, можно определить даты окончания цветения, начала и конца медосбора, пыльцесбора, заготовки прополиса, начала и конца созревания семян медоносов, их вегетации, роста и т.д. Следует учитывать, что решение этих задач не требует дорогостоящих метеорологических наблюдений. Все необходимые расчеты может сделать любой пчеловод.

Полученная с помощью предлагаемой методики информация будет чрезвычайно ценна для пчеловодства в новых экологических условиях. Результаты могут быть использованы для прогнозирования сбора нектара и пыльцы, опыления растений, проектирования и выполнения работ по формированию и поддержанию высокой продуктивности медоносной базы, созданию рациональной системы пчеловодного хозяйства в регионах. Исследования в этих направлениях позволят на самом раннем этапе лучше понять и предвидеть пути трансформации как медоносной базы, так и всей растительности.

**М.А.ПРОСКУРЯКОВ,**  
доктор биологических наук

*050012, Казахстан, г. Алматы*

Предложена методика хронобиологического анализа фенофаз медоносов для подготовки пасеки к медосбору.

Ключевые слова: *медосбор, фенофазы, медоносы, кандырь ланцетолистный.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М.: Колос, 1973.
2. Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений. — М.: Наука, 1981.
3. Прокураков М.А. Мониторинг медоносной базы и изменение климата // Пчеловодство. — 2007. — №4.