

О. К. Нужнова

**ВЛИЯНИЕ ШИРОТНОГО ГРАДИЕНТА НА СОДЕРЖАНИЕ
САХАРОВ В НЕКТАРЕ ЦВЕТКОВ *TARAXACUM OFFICINALE* WIGG.**

*Изучена динамика содержания сахаров в нектаре цветков *Taraxacum officinale* Wigg. в арктической, бореальной и неморальной зонах России. Установлено, что сахаропродуктивность цветков изучаемого вида изменяется в течение суток. Средняя сахаропродуктивность цветков *T. officinale* при продвижении в высокие широты повышается.*

*This article analyses the dynamics of sugar concentration in the nectar of *Taraxacum officinale* Wigg. in the arctic, boreal and temperate zones of Russia. The author arrives at the conclusion that the sugar productivity of flowers analysed changes throughout the day. The average sugar production in *T. officinale* flowers increases towards the North.*



Ключевые слова: *Taraxacum officinale*, Asteraceae, нектар, содержание сахара, широтный градиент.

Key words: *Taraxacum officinale*, Asteraceae, nectar, sugar concentration, latitudinal gradient.

Исследования динамики выделения нектара, количественного и качественного состава сахаров различных видов растений проводились на территории европейской части России, на Кавказе, Урале и Дальнем Востоке [1; 5; 8; 13; 14]. В публикациях встречаются противоречивые данные о содержании нектара и сахаров в нектаре цветков одних и тех же видов, поскольку скорость образования и интенсивность выделения нектара, его количество и сахаристость зависят от ряда факторов: возраста и стадии развития цветков растения, времени суток, интенсивности солнечной радиации, температуры воздуха, количества осадков, ветра, влажности воздуха и почвы, типа почвы, широты и долготы местности [5; 8; 11; 13; 14]. В связи с этим актуально дальнейшее изучение динамики сахаропродуктивности растений в различных природно-климатических зонах России.

Цель настоящего исследования — определение содержания сахаров в нектаре цветков *Taraxacum officinale* Wigg. в условиях широтного градиента.

Материал и методы исследования

Объектом исследования стали популяции *Taraxacum officinale* Wigg. из трех природно-климатических зон России: неморальной, бореальной и арктической.

Taraxacum officinale (одуванчик лекарственный) — гемикриптофит, на территории России встречается в европейской части, на Кавказе, Урале, в Западной и Восточной Сибири, на юге Дальнего Востока [6, с. 211]. Вид полиморфный; представляет собой сложный комплекс большого количества форм и гибридов, называемых микровидами, биотипами или выделяемых рядом авторов в ранг самостоятельных видов меньшего объема, преимущественно апомиктических, что позволяет им существовать совместно [6, с. 210; 12, с. 448]. В составе *Taraxacum officinale* Wigg. упоминаются около 2 тыс. микровидов, которые слабо обособлены и отличаются друг от друга незначительными деталями строения, причем все отличительные признаки сильно варьируют, поэтому определение этих микровидов сопряжено с большими трудностями, и необходимость их самостоятельного выделения остается дискуссионной [10, с. 317; 6, с. 210]. Многих из них авторы нередко предпочитают включать в состав *Taraxacum officinale* Wigg. s. l., рассматривая его как крупный вид-агрегат [10; с. 317]. В данной работе мы рассматриваем *Taraxacum officinale* Wigg. в широком смысле и приводим ареал распространения для вида-агрегата в целом.

Исследования проводились в трех природно-климатических зонах России: неморальной (Карачаево-Черкесская республика, с. Курджиново, 43°59' N, 40°56' E), бореальной (Калужская область, г. Обнинск, 55°06' N, 36°37' E) и арктической (Мурманская область, г. Североморск, 69°04' N, 33°25' E).



Климат Мурманской области умеренно-континентальный в северных районах и морской на побережье. На побережье Баренцева моря (в г. Североморске) средняя температура января составляет -8°C , июля $+12^{\circ}\text{C}$, полярная ночь длится 42 дня, полярный день $- 62$ дня. Осадков выпадает около 800 мм в год [2]. Климат Калужской области умеренно-континентальный. Средняя температура января -10°C , июля $+17^{\circ}\text{C}$. Осадков выпадает около 650 мм в год [3]. Климат Карачаево-Черкесии умеренно-континентальный, в низкогорной зоне $-$ умеренно теплый. Средняя температура января $-$ от -5°C на севере до -10°C на юге (в высокогорье), июля $+21$ и $+8^{\circ}\text{C}$ соответственно. Среднегодовое количество осадков изменяется от 550 мм на равнине до 2500 мм в горных районах [4].

В полевой сезон 2009 г. во время цветения *T. officinale* проведен сбор цветков в арктической, бореальной и неморальной зонах. За сутки до отбора проб на соцветия ставили марлевые изоляторы, чтобы не допустить посещения цветков насекомыми [11, с. 22; 14, с. 56]. Сбор проб проводили каждые два часа в интервале с 10 до 18 ч. В каждой природно-климатической зоне исследования осуществляли шесть раз в течение полевого сезона в ясные, теплые дни без осадков (в неморальной зоне $-$ в период с 16 по 22 мая 2009 г., в бореальной $-$ с 27 мая по 3 июня, в арктической $-$ с 9 по 16 июня). Данные по содержанию сахаров, полученные при сборе проб каждые два часа, суммировались за все 6 дней проведения исследований, и рассчитывалось среднее значение. Во время сбора проб с помощью цифрового термометра-гигрометра RST 06018 измеряли температуру и относительную влажность воздуха; в тексте приводятся усредненные значения этих показателей за период исследований.

Для фиксации материала из-под изоляторов собирали 20 соцветий с раскрывшимися цветками и выбирали из них случайным образом по 5 язычковых цветков [13, с. 30]. Отобранные 100 цветков заливали 50 мл дистиллированной воды и взбалтывали на вибрационном аппарате в течение 15 минут [11, с. 23; 13, с. 28]. Полученный раствор отфильтровывали и отбирали 25 мл фильтрата, которые консервировали таким же количеством спирта и сохраняли до химического анализа на сахар [11, с. 24; 14, с. 57]. Содержание сахаров в нектаре определяли в лабораторных условиях по методу Иссекутца [9, с. 148]. Первоначально полученное значение содержания сахаров в каждой пробе (в нектаре 100 цветков) пересчитывали для нахождения количества сахаров в нектаре одного цветка (мг/цветок). Всего обработано 90 проб из трех районов исследования, в каждой пробе определение количества сахаров проводили в динамике в трехкратной повторности ($N = 270$) [13, с. 31].

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ Statistica 8.0, для оценки достоверности различий использовали t -критерий Стьюдента. Уровни варьирования признаков приняты по Г. Н. Зайцеву [7, с. 41]: $CV > 20\%$ $-$ высокий, $CV = 11-20\%$ $-$ средний, $CV < 10\%$ $-$ низкий. Проведен корреляционный анализ количества сахаров с показателями температуры и относительной влажности воздуха в часы сбора проб.

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что в каждой из трех природно-климатических зон содержание сахаров в нектаре цветков изучаемого вида растений изменялось в течение суток.



В неморальной популяции *T. officinale* (рис. 1) содержание сахаров в нектаре в 10 ч составляло $0,026 \pm 0,005$ мг/цветок ($N=18$), к 12 ч оно повышалось и достигало максимальных значений ($0,039 \pm 0,009$ мг/цветок). В дальнейшем происходило снижение количества сахаров в нектаре цветков *T. officinale* до минимума, который наблюдался в 14 ч ($0,022 \pm 0,004$ мг/цветок). Однако к 16 ч содержание сахаров увеличивалось повторно и составляло $0,034 \pm 0,006$ мг/цветок. В вечерние часы количество сахаров в нектаре *T. officinale* было относительно невысоким ($0,029 \pm 0,005$ мг/цветок).

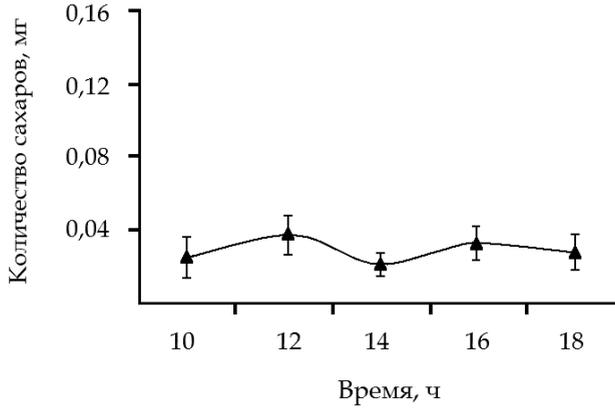


Рис. 1. Содержание сахаров в нектаре *Taraxacum officinale* в утренние, дневные и вечерние часы в неморальной зоне в вегетационный сезон 2008 г., мг/цветок

В бореальной популяции *T. officinale* (рис. 2), как и в неморальной, содержание сахаров в нектаре было наименьшим в 14 ч ($0,036 \pm 0,005$ мг/цветок, $N=18$), наибольшим — в 12 ч ($0,057 \pm 0,011$ мг/цветок), а также достигало высоких значений в 16 ч ($0,053 \pm 0,008$ мг/цветок). В утренние и вечерние часы количество сахаров в нектаре *T. officinale* не превышало $0,045$ мг/цветок.

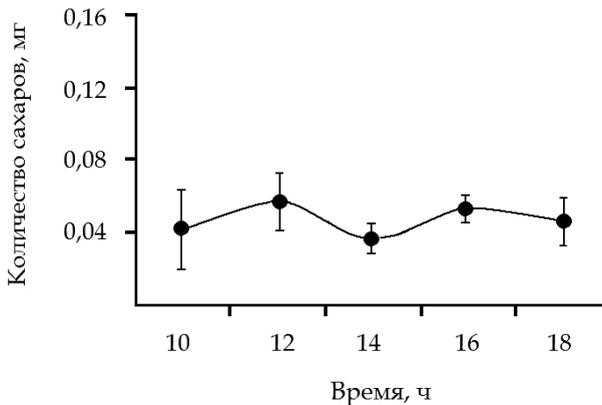
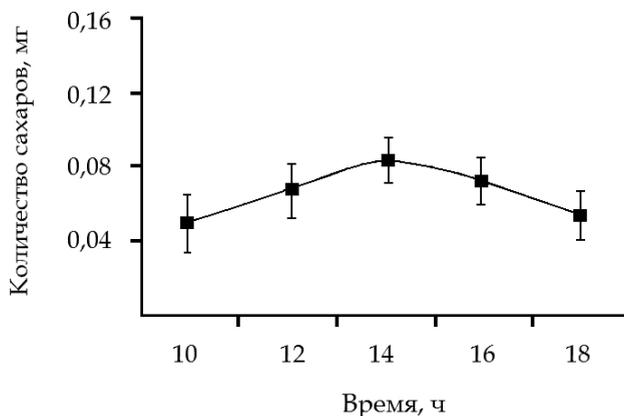


Рис. 2. Содержание сахаров в нектаре *Taraxacum officinale* в утренние, дневные и вечерние часы в бореальной зоне в вегетационный сезон 2008 г., мг/цветок



В арктической популяции *T. officinale* (рис. 3) выявлена иная тенденция в динамике накопления сахаров. Так, минимальное содержание сахаров в нектаре *T. officinale* отмечено в 10 ч ($0,048 \pm 0,008$ мг/цветок, $N=18$), затем оно возрастало до максимума ($0,082 \pm 0,017$ мг/цветок), который наблюдался в 14 ч. В дальнейшем содержание сахаров снижалось и в 18 ч составляло $0,052 \pm 0,009$ мг/цветок.



33

Рис. 3. Содержание сахаров в нектаре *Taraxacum officinale* в утренние, дневные и вечерние часы в арктической зоне в вегетационный сезон 2008 г., мг/цветок

Средняя сахаропродуктивность одного цветка за период с 10 до 18 ч (рис. 4) в неморальной популяции *T. officinale* составила 0,03 мг ($N=270$, $CV=19,9\%$). В бореальной зоне данный показатель увеличился до 0,046 мг/цветок ($N=270$, $CV=16,6\%$). В условиях высоких широт в нектаре одного цветка изучаемого вида растений накапливалось в среднем 0,064 мг ($N=270$, $CV=19,5\%$).

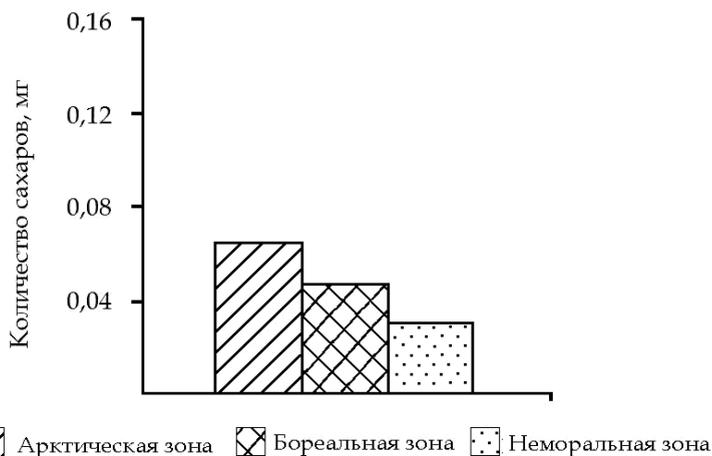


Рис. 4. Среднее содержание сахаров в нектаре *Taraxacum officinale* в период с 10 до 18 ч в трех природно-климатических зонах России в вегетационный сезон 2008 г., мг/цветок



Корреляционный анализ показал отсутствие достоверной зависимости между количеством сахаров в нектаре цветков *T. officinale* и температурой воздуха ($r = -0,031$; $p = 0,96$), а также относительной влажностью воздуха ($r = 0,475$; $p = 0,419$) в неморальной зоне в период проведения исследований. В бореальной зоне также не выявлено значимой корреляции количества сахаров в нектаре цветков изучаемого вида как с температурой ($r = -0,145$; $p = 0,816$), так и с относительной влажностью воздуха ($r = -0,176$; $p = 0,777$). В условиях высоких широт установлена прямая корреляционная связь количества сахаров в нектаре цветков *T. officinale* с температурой воздуха ($r = 0,988$; $p = 0,002$) и обратная — с относительной влажностью воздуха ($r = -0,984$; $p = 0,002$) в период проведения исследований.

Согласно полученным данным в рассматриваемых популяциях *T. officinale* максимальная сахаропродуктивность отмечена в разные часы (рис. 1–3). В неморальной и бореальной популяциях этого вида обнаружены сходные тенденции в суточной динамике накопления сахаров в нектаре цветков. Так, в обеих популяциях увеличение количества сахаров происходило дважды в течение дня (в 12 и 16 ч) при температуре воздуха $+24 - 27^\circ\text{C}$ и его относительной влажности 50–64 %. При повышении температуры до $+30^\circ\text{C}$ и снижении относительной влажности воздуха до 42 % в 14 ч количество сахаров в нектаре уменьшалось. В арктической популяции *T. officinale*, напротив, наибольшая сахаропродуктивность выявлена в 14 ч, при этом температура воздуха достигала $+23^\circ\text{C}$, а его относительная влажность понижалась до 52 %. Корреляционный анализ показал, что динамика сахаропродуктивности цветков *T. officinale* в условиях высоких широт зависит от суточного хода температур и относительной влажности воздуха, повышаясь с увеличением температуры и уменьшением влажности воздуха. Полученные результаты согласуются с данными ряда исследователей о том, что у большинства медоносных видов растений оптимальными для секреции нектара и повышения количества сахаров в нем становятся температура воздуха $+20 - 30^\circ\text{C}$ и его относительная влажность 50–60 %, поскольку эти значения экологических факторов среды благоприятны для роста, развития растений и протекания у них процессов фотосинтеза [5, с. 11; 14, с. 142]. При более низких или слишком высоких температурах понижены интенсивность фотосинтеза, скорость диффузии веществ, растворяющая способность воды, проницаемость клеточных мембран нектарников и активность ферментов в клетках цветка, одновременно уменьшается содержание сахаров в нектаре [8, с. 124; 11, с. 19; 14, с. 93, 101].

Среднее содержание сахаров в нектаре цветков *T. officinale* в полевой сезон 2009 г. различается в зависимости от района исследований (рис. 4). Согласно полученным данным, при продвижении в высокие широты количество сахаров в нектаре цветков *T. officinale* увеличивалось. Обнаружены достоверные различия сахаропродуктивности в неморальной и бореальной ($t = 3,372$; $p = 0,01$), бореальной и арктической ($t = 2,398$; $p = 0,043$), а также арктической и неморальной ($t = 4,907$; $p = 0,001$) популяциях изучаемого вида растений. Полученные результа-



ты согласуются с выводами Г. А. Аветисяна [1, с. 160] о более высокой нектаропродуктивности одних и тех же медоносов в северных и горных районах по сравнению с южными и равнинными. Это связано, в частности, с амплитудой колебания температур в течение суток, поскольку образование сахаров происходит быстрее при высокой температуре, а для их накопления в растении требуется более низкая температура [14, с. 93].

Таким образом, выявлена зависимость количества сахаров в нектаре цветков *T. officinale* от времени суток, широты местности, а также погодных условий в период проведения исследований.

Выводы

35

Содержание сахаров в нектаре цветков *T. officinale* изменяется в течение суток. В неморальной и бореальной популяциях изучаемого вида выявлены сходные тенденции в суточной динамике накопления сахаров.

В условиях высоких широт сахаропродуктивность *T. officinale* коррелирует с изменением температуры и относительной влажности воздуха. Содержание сахаров в нектаре цветков повышается при увеличении температуры до +23 °С и уменьшении относительной влажности воздуха до 52 %.

Средняя сахаропродуктивность цветков *T. officinale* достоверно различается во всех изучаемых популяциях и повышается при продвижении в высокие широты.

Список литературы

1. Аветисян Г. А. Географическая изменчивость нектаропродуктивности медоносных растений и медосборов // XIX Международный конгресс по пчеловодству. М., 1963. С. 158–168.
2. Агроклиматический справочник по Мурманской области. М., 1961.
3. Агроклиматический справочник по Калужской области. М., 1967.
4. Агроклиматический справочник по Ставропольскому краю. Ставрополь, 1958.
5. Бурмистров А. Н., Гаврилова Т. Н., Лебедев В. И. Выделение нектара и медосбор // Пчеловодство. 1986. №7. С. 11–13.
6. Ермакова И. М. Одуванчик лекарственный // Биологическая флора Московской области. 1990. Вып. 8. С. 210–229.
7. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. М., 1973.
8. Зауралов О. А. Растение и нектар: образование и выделение нектара. Саратов, 1985.
9. Иванов Н. Н. Методы физиологии и биохимии растений. М.; Л., 1946.
10. Иллюстрированный определитель растений Средней России: в 3 т. Т. 3: Покрывосеменные (двудольные: раздельнолепестные) / И. А. Губанов [и др.]. М., 2004.
11. Клименкова Е. Т., Кушнир Л. Г., Бачило А. И. Медоносы и медосбор. Минск, 1981.
12. Определитель сосудистых растений Среднего Урала / под ред. П. Л. Горчаковского. М., 1994.
13. Пономарева Е. Г. Медоносные ресурсы и опыление сельскохозяйственных растений. М., 1986.



14. Самсонова И.Д. Особенности цветения и медопродуктивность подлеска и разнотравья в фитоценозах Ростовской области: дис. ... канд. с.-х. наук. Воронеж, 2005.

Об авторе

Ольга Камильевна Нужнова – асп., Мурманский государственный гуманитарный университет, e-mail: nujnovaolga84@mail.ru

About author

Olga K. Nuzhnova – PhD. student, Moscow State Pedagogical University, e-mail: nujnovaolga84@mail.ru