

НАКОПЛЕНИЕ КСАНТОФИЛЛОВ У НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА
Tagetes L. В УСЛОВИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

М.Ю. ТРЕТЬЯКОВ, В.Н. СОРОКОПУДОВ, В.И. ДЕЙНЕКА

Исследовали сорта *Tagetes erecta* и *T. patula* на пригодность для промышленного выращивания в качестве сырьевого источника ксантофиллов, используемого при производстве кормовых добавок в птицеводстве и в фармацевтической промышленности. Установлено, что в условиях Белгородской области предпочтительны сорта *T. erecta* с наиболее интенсивной оранжевой окраской цветков (Сиера оранжевый, Родос и Оранжевый снег). Наибольшее количество диэфиров ксантофиллов содержится в лепестках у сорта Сиера оранжевый (3,7 мг/г, что сопоставимо с накоплением ксантофиллов при выращивании в других регионах мира). «Полезная масса» в расчете на одно соцветие у вида *T. erecta* в 5-6 раз больше, чем у *T. patula*. Соответственно, технологически выгоднее выращивать растения вида *T. erecta*, у которых более крупные соцветия зацветают на одном растении практически одновременно, в отличие от *T. patula*, цветение которого сильно растянуто. Содержания каротиноидов в лепестках уменьшается к концу сентября в связи со снижением средней суточной температуры воздуха.

Ключевые слова: кормовая добавка, птицеводство, лютеин, бархатцы.

Key words: feed supplement, poultry, lutein, marigold (African).

Род *Tagetes* включают в трибу *Tageteae*, к которой разные авторы относят от 15 до 23 родов, входящую в подсемейство *Asteroideae* — одно из 11 в обширнейшем семействе *Compositae* (1). В Новом свете около 50 видов рода *Tagetes* произрастают в Южной и Северной Америке от Аргентины до Аризоны (2, 3). Местное население доколумбовой эпохи использовало различные виды бархатцев в качестве лекарственного и ритуального сырья, позднее — как ароматную пряность (4). В настоящее время особую популярность имеет мексиканский эстрагон (*T. lucida*) как пряность с легким наркотическим эффектом, в Закавказье — карликовые виды *T. signata* (с папоротникообразными мелко рассеченными листьями и лимонным запахом) и *T. minuta* (приправа имеретийский шафран), которые встречаются на западе региона как адвентивные растения. В России и Украине в качестве декоративных цветочных культур широко распространены *T. patula* (местные названия — бархатцы и чернобри́вці). В последние годы традиционные бархатцы отклоненные (*T. patula*) с темно-красными лепестками цветков в значительной мере вытеснены или дополнены сортами с иной окраской и эффектными высокодекоративными сортами бархатцев прямостоящих (*T. erecta*). Получили признание обильноцветущие низкие бордюрные сорта бархатцев тонколистных *T. tenuifolia*.

Бархатцы — однолетние растения, пригодные для выращивания как в открытом, так и в защищенном грунте. Они очень декоративны, неприхотливы к условиям произрастания, в нашем регионе (в отличие от Латинской Америки) не дают самосева. В практическом аспекте интерес к ним обусловлен беспрецедентно высоким для растений накоплением диэфиров лютеина в цветках, что делает род *Tagetes* основным промышленным источником этого важнейшего ксантофилла (5). Лютеин представляет собой главный пигмент макулы (желтого пятна) — области наиболее точной фокусировки световых лучей и наилучшего восприятия световых раздражений (6). Признано, что он служит естественной тенью для глаз, защищая сетчатку от слишком яркого света, причем для лечебных целей необходим комплекс лютеина и зеаксантина в соотношении примерно 4:1. В лепестках обычных сортов бархатцев содержание зеаксантина не превы-

шает 8-10 %, в США запатентован способ получения трансгенных бархатцев с увеличенным соотношением зеаксантина и лютеина (7).

Бархатцы выращивают не только как декоративное, лекарственное растение и сырье для фармацевтической промышленности, содержащее лютеин, но и с целью производства подкормок для птицеводства — ОРО-ГЛО («Kemin Еuroра N.V.», Бельгия), Авизант желтый («Lohmann Animal Health», Германия), ОРО-Желтый («Eramelko», Испания) и др. Их отечественный аналог — разработанная нами кормовая добавка Барфиз, в которой для сбалансированности по основным компонентам каротиноидного комплекса (лютеину и зеаксантину) используются цветки бархатцев (источник лютеина) и чашечки физалиса декоративного (источник зеаксантина) (8).

Целью нашей работы было изучение биопродуктивности видов *Tagetes patula* L. и *T. erecta* L. по накоплению в цветках ксантофиллов в условиях Белгородской области.

Методика. Бархатцы *T. patula* L. (сорта Мандарин, Гармония, Оранжевое пламя) и *T. erecta* L. (сорта Лимонные, Родос, Оранжевый снег, Сиера оранжевый, Коланда абрикосовый и Антигуа) выращивали на двух участках в г. Белгороде и Белгородском районе в 2005-2007 годах прямым посевом семян в грунт (загущенный посев) с расстоянием в междурядьях 70 см. Мелкоделаночные опыты (площадь делянок 10 м²) проводили в 3-кратной повторности. Использовали семена *T. patula* L. и *T. erecta* L., собранные в 2005 году там же. В 2007 году сорт Сиера оранжевый также был посеян 24 апреля на поле Всероссийского НИИ лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР, г. Москва) на площади 1 га; сбор соцветий проводили в конце июля.

Количество ксантофиллов (в пересчете на лютеин) определяли спектрофотометрически (9).

Для оценки влияния условий произрастания на рост и развитие растений рода *Tagetes* выполняли морфометрический анализ, в качестве биометрических характеристик использовали следующие параметры, влияющие на продуктивность и пригодность к уборке: число соцветий (n), масса соцветий и цветков (соответственно m и m_1), высота стебля (h), число растений на 1 м погонный (N_1).

Статистическую обработку данных осуществляли общепринятыми методами (определение среднего арифметического, стандартного отклонения и доверительного интервала) (10) с использованием программы Microsoft Excel 2003.

Результаты. На первом этапе исследования было выявлено, что наибольшее содержание лютеина характерно для сортов с оранжевой окраской цветков (несколько миллиграммов на 1 г свежих цветков) (9). У сортов с желтой и особенно лимонно-желтой окраской (в нашем опыте это сорт Лимонные *T. erecta* L.) количество ксантофиллов снижалось более чем на порядок (то есть сохранялась лишь декоративная ценность растений). Темно-вишневые пятна, характерные для цветков у сорта Гармония *T. patula*, обусловлены синтезом антоцианов — веществ, устойчивых только в кислой среде. Их наличие в лепестках цветков практически не приводило к снижению накопления ксантофиллов, чувствительных к низким значениям рН. При сохранении оранжевой окраски содержание ксантофиллов было сопоставимо для цветков растений обоих видов — *T. patula* L. и *T. erecta* L., однако у *T. erecta* L. цветки значительно крупнее, поэтому этот вид удобнее в технологическом отношении.

В 2006-2007 годах по продуктивности, степени и динамике накопления лютеина на фоне других выделялись сорта Сиера оранжевый и Ро-

дос вида *T. erecta* L. Так, в 2006 году бархатцы *T. erecta* L. сортов Сиера оранжевый и Коландо абрикосовый высели 27 апреля (они вступили в фазу цветения соответственно 24 и 20 июля), сортов Родос и Лимонные — 27 мая, Оранжевый снег — 30 мая (цветы появились на растениях соответственно 2, 17 и 23 августа), растения *T. patula* L. сорта Оранжевое пламя — 27 мая (начало цветения пришлось на 2 августа). Следовательно, от высева семян до появления первых цветков необходимо около 3 мес, хотя при позднем посеве этот период для сорта Родос составил немногим более 2 мес. У сортов вида *T. patula* L. цветение начиналось на 2-3 нед раньше, чем у сортов вида *T. erecta* L., и они имели более длительный период вегетации. Наибольшее среднее значение содержания лютеина выявили в свежих цветках бархатцев прямостоячих сорта Сиера оранжевый — около 3,7 мг/г (рис. 1). Примерно таким же было накопление этих соединений в цветках растений сорта Родос. Отметим, что принципиальных различий между составом ксантофиллов у исследованных сортов мы не обнаружили (9).

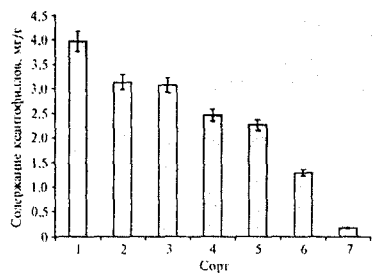


Рис. 1. Содержание ксантофиллов (в пересчете на лютеин) в свежих лепестках цветков у разных сортов бархатцев *Tagetes* L.: 1-7 — соответственно Сиера оранжевый, Родос, Оранжевый снег, Коландо абрикосовый, Оранжевое пламя (центральные цветки), Гармония, Лимонные (Белгородская обл., 2006 год).

Динамика накопления ксантофиллов (рис. 2) свидетельствовала о том, что заметное уменьшение содержания каротиноидов происходило к концу сентября (вероятно, в связи с обычным в этот период для Белгородского региона снижением средней суточной температуры). Некоторое варьирование показателя в предыдущий период, скорее всего, вызвано изменением содержания влаги в цветках. Количество ксантофиллов порядка 4 мг/г — превосходный показатель, даже несколько превышающий таковой при выращивании бархатцев в других регионах мира (10-12).

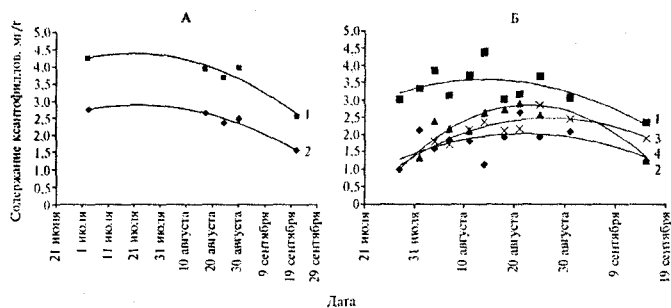


Рис. 2. Динамика накопления ксантофиллов в лепестках цветков у двух сортов (А, 2006 год) и двух видов (Б, 2007 год) бархатцев: 1 — Сиера оранжевый, 2 — Коландо абрикосовый, 3 — Антигуа (*Tagetes erecta*), 4 — Мандарин (*T. patula*).

Поскольку общая продуктивность определяется не только степенью накопления ксантофиллов, но также массой цветков, числом соцветий на

одно растение и густотой посева, в 2007 году мы провели комплексную оценку продуктивности у растений видов *T. erecta* L. (сорта Сиера оранжевый, Коландо абрикосовый, Антигуа) и *T. patula* L. (сорта Мандарин). Семена высевали 24 апреля; растения сортов Сиера оранжевый, Антигуа и Коландо абрикосовый вступили в фазу цветения соответственно 14, 16 и 20 июля, сорта Мандарин — 11 июля.

Для всех исследованных сортов закономерности, установленные в 2006 году, сохранились и в 2007. Достаточно стабильное содержание ксантофиллов в цветках растений рода *Tagetes* (см. рис. 2) позволяло осуществлять сбор соцветий с начала цветения до первых заморозков. При этом оптимальный срок — середина августа, поскольку в этот период высока доля цветущих растений и содержание диэфиров лютеина.

1. Масса единичных соцветий и цветков у растений разных сортов и видов *Tagetes* ($M \pm m$, Белгородская обл., 2007 год)

Сорт	Масса, г		
	соцветий	цветков	
		до сушки	после сушки
<i>T. erecta</i> L.			
Коландо абрикосовый	15,54±2,37	8,71±1,56	1,31±0,22
Сиера оранжевый	14,09±2,24	8,00±1,63	1,21±0,20
Родас	6,51±0,63	3,35±0,61	0,52±0,09
<i>T. patula</i> L.			
Мандарин	2,78±0,44	1,41±0,26	0,32±0,24

На цветки приходилось 50-60 % от массы соцветий у всех сортов видов *T. erecta* L. и *T. patula* L., причем «полезная масса» цветков у растений первого вида была в 5-6 раз больше. При выдерживании цветков в сухом и прохладном месте без доступа света в течение 1 нед их масса существенно уменьшалась и составляла для *T. erecta* L. — 14-17 %, для *T. patula* L. — 23 % от исходной (табл. 1). Наибольшую массу цветков отмечали у сортов Коландо абрикосовый и Сиера оранжевый вида *T. erecta* L., однако наиболее перспективным при этом представлялся сорт Сиера оранжевый, так как содержание диэфиров лютеина в лепестках этих растений было выше на 30-50 %.

Биопродуктивность, а также некоторые морфологические показатели растений сортов Сиера оранжевый (*T. erecta* L.) и Мандарин (*T. patula* L.) (вегетационные периоды 2006 и 2007 годов, табл. 2) свидетельствовали о возможности их использования для промышленного получения сырья при производстве кормовых добавок.

2. Биопродуктивность и некоторые морфологические показатели у сортов двух видов рода *Tagetes* в разные сезоны вегетации ($M \pm m$, Белгородская обл.)

Сорт	N_L , шт.	h, см	n, шт.	m, г	$\Sigma m/L$, г/м ²	$M(lu)/L$, г/м ²
Сезон 2006 года						
Сиера оранжевый	37±14	63±14	От 4 до 8	5,8±3,5	2040±550	8,1±2,2
Мандарин	37±13	31±13	От 16 до 53	1,7±0,6	3300±560	7,5±2,6
Сезон 2007 года						
Сиера оранжевый	24±9	79±17	От 1 до 9	7,4±4,4	1350±430	4,5±1,4
Мандарин	32±8	41±8	От 9 до 49	1,4±0,7	1830±420	4,1±1,0

Примечание. N_L — число растений на 1 м погонный, шт.; h — высота растения, см; n — число соцветий на одном растении; m — масса цветков в соцветии, г; $\Sigma m/L$ — продуктивность по свежим лепесткам, г/м²; $M(lu)/L$ — продуктивность по лютеину, г/м².

При промышленном посеве сорта *T. erecta* L. Сиера оранжевый в 2007 году удалось собрать 1 т соцветий, что составило примерно 1/3 от максимального возможного сбора.

Таким образом, в условиях Белгородской области для получения сырья при производстве кормовых добавок, содержащих лютеин, следует отбирать сорта, у которых цветки наиболее интенсивно окрашены в оранжевый

цвет (*T. erecta* L. — Сiera оранжевый, Родос, Оранжевый снег; *T. patula* L. — Мандарин). Биопродуктивность *T. erecta* L. и *T. patula* L. одинакова, однако в промышленных масштабах предпочтительнее выращивать первый вид: технологически удобнее убирать более крупные соцветия, зацветающие на одном растении практически одновременно (у растений *T. patula* L. цветение сильно растянуто). Кроме того, продуктивность возрастает у сортов с более плотными соцветиями, у которых отношение массы цветков к массе соцветия выше. Поэтому в итоге из исследованных сортов выделился сорт Сiera оранжевый (*T. erecta* L.), который необходимо рекомендовать для промышленного выращивания в условиях Белгородской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рансго J.L., Функ V.A. Toward a phylogenetic subfamilial classification for the *Compositae* (Asteraceae). Proc. Biol. Soc. Washington, 2002, 115: 760-773.
2. Кирничников М.Э. Порядок сложноцветные Т. 5(2). В кн.: Жизнь растений (в шести томах) /Под ред. А.Л. Тахтаджяна. М., 1981.
3. Карлан L. Historical and ethnobotanical aspects of domestication in tagetes. Econom. Botany, 1958, 14(3): 200-202.
4. Neher R.T. The ethnobotany of *Tagetes*. Econom. Botany, 1968, 22(4): 317-325.
5. Bosma T.L., Dole J.M., Maness N.O. Optimizing marigold (*Tagetes erecta* L.) petal and pigment yield. Crop Sci., 2003, 43: 2118-2124.
6. Rodriguez-Sattona M., Kvanaskul J., Hatlow J.A., Корке W., Schalech W., Ватбург J.L. The effects of supplementation with lutein and/or zeaxanthin on human macular pigment density and colour vision. Ophthal. Physiol. Opt., 2006, 26: 137-147.
7. US Patent 6, 784, 351 B2.
8. Шапошников А., Дейнека В., Симонов Г., Вострикова С., Третьяков М. Источники биологически активных ксантофиллов для яичной продукции. Птицеводство, 2009, 4: 41.
9. Дейнека В.И., Сорокопудов В.Н., Дейнека Л.А., Третьяков М.Ю. Исследование цветков *Tagetes* sp. как источника лютеина. Хим.-фарм. журн., 2007, 41(10): 30-32.
10. Основы научных исследований в агрономии /Под ред. В.Ф. Моисейченко, М.Ф. Трифонова, А.Х. Заверюхи, В.Е. Ещенко. М., 1996.
11. Greer G.K., Chen T.-S., Philip T. Quantitative analysis of lutein esters in marigold flowers (*Tagetes erecta*) by high performance liquid chromatography. J. Food Sci., 1986, 51: 1093-1094.
12. Piccaglia R., Marotti M., Grandi S. Lutein and lutein ester content in different types of *Tagetes patula* and *T. erecta*. Ind. Crop Prod., 1998, 8: 45-51.
13. Li W., Gao Y., Zhao J., Wang Q. Phenolics, flavonoid, and lutein ester content and antioxidant activity of 11 cultivars of Chinese marigold. J. Agric. Food Chem., 2007, 55: 8478-8484.

ФГОУ ВПО Белгородский государственный университет,
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85.
e-mail: arpolon15@rambler.ru

Поступила в редакцию
12 января 2009 года

ACCUMULATION OF XANTHOPHYLLS IN SOME SPECIES OF *Tagetes* L. GENUS IN THE CONDITIONS OF BELGORODSKAYA OBLAST'

M.Yu. Tretyakov, V.N. Sorokopudov, V.I. Deineka

Summary

The authors investigated the *Tagetes erecta* and *T. patula* varieties on capability for industrial growing as source of xanthophylls used during manufacturing of feed addition in poultry keeping and in pharmaceutical industry. It was established that in the conditions of Belgorodskaya oblasti' the *T. erecta* variety with the most intensive orange blossoms (Siera orange, Rodos, Orange snow) were more preferential. The petals of the Siera orange variety contain the maximal quantity of xanthophylls diethers (3.7 mg/g, which is comparable with accumulation of xanthophylls during of growing in other world regions). «The useful mass» per one inflorescence in the *T. erecta* variety is 5-6 times as great as in the *T. patula* variety. The growing of the *T. erecta* plants is more efficient as far as the flowers blossom out on the plants practically simultaneously in contrast to *T. patula* the blossoming of which is greatly prolonged. The content of carotenoid in petals is reducing to the end of September in connection with lowering of average daily air temperature.