

УДК 633.427:631.528

ПОЛУЧЕНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕТРАПЛОИДОВ ТУРНЕПСА

Л. Н. БАЛЫШЕВ, Г. А. БАЛЫШЕВА

(Кафедра растениеводства)

Турнепс (*Brassica rapa* ssp. *rapifera* Metzg.) в качестве основной или промежуточной культуры представляет значительный интерес для кормопроизводства во многих районах СССР [4]. К сожалению, селекция этого растения ведется у нас в недостаточном объеме; мало используются достижения полиплоидии и гетерозиса, хотя в литературе имеются сведения о создании и включении в каталоги ряда стран тетраплоидных сортов турнепса Sirius, WHR Tetra, Novitas [3, 4, 6—8].

Сообщения о методике получения тетраплоидов этой культуры и об их утилитарных показателях немногочисленны и часто противоречивы [3, 5—11].

Цель, задачи, условия и методика исследований, исходный материал

Целью наших исследований было создание методами полиплоидии нового исходного материала для селекции турнепса. В связи с этим необходимо было решить следующие задачи: определить наиболее эффективные способы массового получения тетраплоидов, уточнить параметры анатомо-морфологических различий между ди- и полиплоидами для использования их в качестве косвенных признаков при отборах, выделить тетраплоиды, а также произвести их хозяйственную и морфологическую оценку в сравнении с диплоидными растениями.

Тетраплоидные формы получали с 1967 по 1971 г., а изучали их с 1971 по 1983 г. на опытном поле учхоза Тимирязевской академии имени Калинина Мичуринского района Тамбовской области.

Применяли следующие способы колхичинирования: первый — обработка водными растворами колхицина (0,05; 0,1 %) проросших семян с корешками длиной 2—4 мм в течение 3 и 6 ч, второй — на-

несение агаро-колхицинового желе на точки роста растений первого года вегетации 3-кратно с суточными интервалами в фазах семядоли, начала появления настоящих листьев и 2-й пары листьев (концентрация колхицина 0,15 и 0,5 %, агара — 0,7 %). В контроле семена обрабатывали дистиллированной водой, сеянцы — агаровым желе без колхицина.

Полученные тетраплоидные формы и исходные сорта изучали при густоте стояния 100 тыс. растений на 1 га. Результаты исследований обрабатывали статистически с использованием ЭВМ «Наири» [2]. Все остальные методические положения, которые использовались в опытах с турнепсом, подробно изложены в нашей работе с кольраби и кормовой капустой [1].

Нами были использованы сорта турнепса отечественной и зарубежной селекции Бортфельдский, Хибинский, Ранний круглый, Эсти Наэрис, Роговский (ПНР), Сириус (Швеция), Вишерский и др.

Результаты и их обсуждение

За годы исследований было посеяно 5400 семян турнепса, обработанных водными растворами колхицина в фазе проростков, и высажено 1020 сеянцев после нанесения колхицина в агаре на верхушечные точки роста.

Молодые растения из обработанных колхицином проросших семян характеризовались по сравнению с контрольными слаборазвитой корневой системой, утолщенными гипокотильями и семядолями. Последние отличались большими размерами и темно-зеленой окраской. Значительная часть этих растений погибала, а у выживших отмечалось значительное отставание от контрольных по фазам развития. С увеличе-

нием концентрации колхицина и времени обработки заметно снижались полевая всхожесть и выживаемость.

После нанесения колхицина в агаре на верхушечные точки роста молодых растений у них появились деформированные настоящие листья с ассиметричными, утолщенными, ломкими темно-зелеными пластинками с нарушенным жилкованием, изрезанными краями и волнистой поверхностью. Это же наблюдалось и у первых настоящих листьев турнепса, выращенного из колхицинированных проростков. Деформации связаны, по нашему мнению, с асинхронными темпами роста разноплоидных тканей. Отмечена лучшая сохранность растений, корневая система которых не подвергалась действию колхицина.

Основным критерием эффективности обработки служило отношение числа растений, измененных действием колхицина, к общему числу проростков или сеянцев данного варианта (табл. 1).

Сорта турнепса проявляют различную чувствительность к колхицину. На наш взгляд, это обусловлено неодинаковыми размерами семян, а также разной устойчивостью к бактериальным и грибным заболеваниям. Можно также сделать вывод о пригодности обоих способов обработки. При достаточном количестве исходного материала следует обрабатывать проростки семена турнепса водными растворами колхицина 0,05—0,1 % концентрации в течение 3 ч. Если исходного материала мало, целесообразно наносить колхицин (0,5 %) в агаре (0,7 %) на верхушечные точки роста сеянцев в фазах семядоли, начала появления настоящих листьев 3-кратно с суточными интервалами между обработками.

При колхицинировании проросших семян турнепса не следует брать проростки с корешками более 4 мм, так как ручной посев такого материала затрудняется и, кроме того, значительно повышается его травмированность.

Из-за химерности колхицинированных растений в C_0 и для уменьшения объема работ при отборах полиплоидов мы вынуждены были судить о плоидности по косвенным признакам. Анализ устьичного аппарата ди-, три- и тетраплоидов турнепса показал, что удобнее пользоваться признаком число хлоропластов в замыкающих клетках устьиц.

Т а б л и ц а 1
Выживаемость растений при обработке проростков колхицином. 1967—1971 гг.

Сорт, вариант обработки	Взошло	Погибло	Выжило, % к взошедшим	Измененных, % к посеянным
	% к посеянным			
Бортфельдский				
Контроль	95,0	0,5	99,5	—
0,05 %, 3 ч	94,1	10,9	88,4	60,2
0,1 %, 3 ч	89,3	18,5	79,3	66,8
0,05 %, 6 ч	38,5	11,5	70,1	27,0
Хибинский				
Контроль	94,0	1,0	99,0	—
0,05 %, 3 ч	95,2	2,9	96,7	83,0
0,1 %, 3 ч	88,0	10,6	87,7	73,4
0,05 %, 6 ч	14,0	6,0	57,1	8,0
Ранний круглый				
Контроль	91,0	1,0	98,9	—
0,05 %, 3 ч	75,7	5,7	92,4	59,4
0,1 %, 3 ч	73,0	6,0	91,8	62,2

П р и м е ч а н и е. При обработке сеянцев сорта Ранний круглый в варианте 0,15 %, 2-я пара листьев количество измененных составило 15,7 % к общему, в варианте 0,5 %, семядоли — начало появления настоящих листьев — 93,3 %.

Характеристика устьичного аппарата ди- и полиплоидов 1-го и 2-го года жизни
(n=30, увеличение 15×40)

Сорт	Размеры устьиц, мкм		Число устьиц в поле зрения микроскопа, шт.	Число хлоропластов в замыкающих клетках устьиц, шт.
	длина	ширина		
1-й год жизни (1974), семядоли 14/VIII				
Эсти Наэрис	27,7	21,3	6,7	10,4
	40,0***	28,9***	4,9***	18,4***
Хибинский	26,8	20,7	7,5	10,1
	39,2***	26,3***	4,3***	18,4***
19/VIII				
Эсти Наэрис	31,0	22,5	5,7	10,2
	44,9***	28,9***	3,8***	19,5***
Хибинский	31,8	24,2	5,5	9,9
	41,7***	28,2***	2,8***	18,8***
2-й год жизни (1970)				
Эсти Наэрис				
2п	23,6	18,4	7,6	10,6
3п	25,1	18,6	5,0	16,2
4п	30,8	21,3	3,2	19,2
Хибинский				
2п	22,7	18,0	7,5	10,6
3п	26,1	19,3	4,6	16,5
4п	29,5	21,3	3,1	18,9

Примечания. 1. Здесь и в табл. 3—8 в числителе — 2п, в знаменателе — 4п.
2. Здесь и в табл. 3 и 8 одна звездочка — различия существенны при $P=95\%$, две — при $P=99\%$, три — при $P=99,9\%$.

3. В 1970 г. по сортам Хибинский и Эсти Наэрис разница между исходным сортом и формами существенна при $P=99,9\%$ по всем признакам, кроме длины устьиц у сортов Эсти Наэрис (разница существенна при $P=99\%$) и ширины устьиц у этого же сорта (разница несущественна).

Он мало зависит от возраста и местоположения тканей в отличие от размеров устьиц и их числа на единице площади листа (табл. 2).

На 2-м году жизни перед цветением отбор тетраплоидных растений можно проводить по числу микропор на экзине и размерам пыльцевых зерен, взятых из зрелых бутонов [6].

В наших опытах подтверждена достоверность различий между гаплоидной и диплоидной пыльцой по размерам независимо от среды, в которой проводилось измерение. Микропоры хорошо просматривались в капле концентрированной серной кислоты под микроскопом даже при небольшом увеличении (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика гаплоидных и диплоидных пыльцевых зерен турнепса
(n=50, увеличение 15×40)

Сорт	Размер пыльцевых зерен, мкм			Число микропор на экзине, шт.	Размер пыльцевых зерен, мкм			Число микропор на экзине, шт.
	в воде		диаметр в H_2SO_4		в воде		диаметр в H_2SO_4	
	длина	ширина			длина	ширина		
1970 г.								
Эсти Наэрис	35,7	24,6	20,8	3	33,1	23,7	20,6	3
	40,9***	29,7***	27,6***	3—4	41,7***	29,2***	24,6***	3—4
Хибинский	34,7	23,5	20,9	3	33,8	24,5	21,5	3
	41,0***	29,3***	26,3***	3—4	41,3***	30,1***	24,9***	3—4
1972 г.								

Сырая и сухая масса 100-ди- и тетраплоидных растений турнепса

Сорт	Масса 100 проростков, г		Содержание сухих веществ, %	Масса 100 проростков, г		Содержание сухих веществ, %
	сырых	сухих		сырых	сухих	
	7/VII—73 г.			13/VII—73 г.		
Эсти Наэрис	1150	88,6	7,7	4042	343,6	8,5
	1780	121,0	6,8	5740	436,2	7,6
Хибинский	1720	129,0	7,5	5900	472,0	8,0
	2070	151,1	7,3	6120	471,2	7,7
Роговский	1440	109,4	7,6	6130	508,8	8,3
	2270	161,2	7,1	7750	612,3	7,9
	6/VII—74 г.			20/VII—74 г.		
Эсти Наэрис	1279	115,1	9,0	13833	1106,6	8,0
	1275	90,5	7,1	14133	1102,3	7,8
Хибинский	952	90,4	9,5	14633	1419,4	9,7
	1267	93,8	7,4	17300	1418,6	8,2
Роговский	1271	111,8	8,8	12467	1072,2	8,6
	1531	127,6	8,3	14183	1233,9	8,7

Сочетание отбора по косвенным признакам с прямым подсчетом числа хромосом начиная с C_1 (первый год жизни) позволило нам выделить в этом поколении 50% тетраплоидов, которые послужили основой для создания четырех тетраплоидных форм турнепса.

Фенологические наблюдения показали, что до появления 4—6 настоящих листьев тетраплоидные растения росли несколько быстрее, чем диплоидные. У них была больше сырая (и часто сухая) масса (табл. 4). В то же время быстрое увеличение массы сопровождалось снижением содержания сухих веществ. Это, по нашему мнению, обусловлено стартовым эффектом, который, в свою очередь, вызван большими запасами питательных веществ в крупных семенах.

Тетраплоиды отличались от диплоидов крупными и утолщенными семядолями. Настоящие листья также были толще и поэтому их окраска темнее. Жилки первого порядка отклонялись под большим углом от центральной, чем на листьях диплоидов. Содержание хлорофилла в сырой и сухой массе листьев тетраплоидных растений ниже, чем у диплоидных, а на единицу листовой поверхности оно одинаковое или несколько больше у тетраплоидов (табл. 5).

У полиплоидов отмечены увеличение диаметра черешков у листьев и более округлая форма листовых пластинок. Возрастание ширины листовой пластинки приводило в ряде случаев к увеличению ее поверхности. Появление первых настоящих листьев и у тетраплоидов, и у ди-

Таблица 5

Содержание хлорофилла в листьях ди- и тетраплоидов 1-го года жизни (5-й лист). 1973 г.

Сорт	В сырой массе, %	В сухой массе, %	Приходится на 1 см ² листа, мг
Эсти Наэрис	0,31	2,84	0,094
	0,29	2,79	0,094
Хибинский	0,33	3,05	0,097
	0,29	2,84	0,103
Роговский	0,35	3,24	0,102
	0,30	2,92	0,102

Число листьев (шт/растение) у ди- и тетраплоидных растений за вегетацию (n=30)

Сорт	1973 г.		1974 г.	
	всего за вегетацию	в т. ч. отмерло	всего за вегетацию	в т. ч. отмерло
Эсти Наэрис	17,8	7,4	18,5	7,6
	13,2	5,9	13,3	6,0
Хибинский	19,6	7,3	18,3	9,1
	15,3	6,1	14,8	6,5
Роговский	18,6	6,2	20,7	9,8
	15,2	5,5	14,0	5,1

Примечание. Во всех случаях различия между ди- и тетраплоидами существенны при 5 % уровне значимости.

плоидов вначале шло синхронно, но после образования 4—6 листьев наблюдались различия в характере листообразования. У тетраплоидов последующие листья появлялись через более длительные промежутки времени, но сохранялись более длительный период. В 1971—1974 гг. на образование листьев со времени посева у них уходило на 3—18 дней больше, чем у диплоидов. По общему числу листьев на растении и числу листьев, которые образовались на растениях за вегетационный период, тетраплоиды существенно уступали диплоидам (табл. 6).

Увеличение размеров отдельных листьев у тетраплоидов часто не компенсировало уменьшения их числа на растении. В результате об-

Таблица 7

Максимальная площадь листьев (см²) ди- и тетраплоидов (n=20)

Сорт	1972 г.		1973 г.		1974 г.	
	1 растения	1 листа	1 растения	1 листа	1 растения	1 листа
Эсти Наэрис	1134	131,9	1820	175	1973	295,9
	910	149,7	2029	278	1285	248,9
Хибинский	1307	140,5	3899	317	2835	308,1
	805	110,3	2981	324	2214	266,8
Роговский	1061	109,4	2418	195	1908	175,1
	779	97,4	1950	201	2344	242,0

Таблица 8

Средняя урожайность сырой и сухой массы корнеплодов и листьев ди- и тетраплоидного турнепса за 1971—1983 гг.

Сорт	Корнеплоды			Листья			Общий урожай		
	сырая масса, ц/га	сухая масса, ц/га	сухое вещество, %	сырая масса, ц/га	сухая масса, ц/га	сухое вещество, %	сырая масса, ц/га	сухая масса, ц/га	сухое вещество, %
Эсти Наэрис	473	40,1	8,5	121	13,9	11,5	596	54,0	9,1
	458	38,7	8,4	87*	9,2	10,6	545	47,9	8,8
Хибинский	366	33,4	9,2	134	16,1	12,0	500	49,5	9,9
	368	30,8	8,4*	109*	11,8	10,8*	477	42,6	8,9
Роговский	423	40,0	9,4	114	13,6	11,9	537	53,6	10,0
	429	37,9	8,8*	90*	9,8*	10,9*	519	47,7	9,2

шая листовая поверхность в расчете на растение у тетраплоидов была меньше, чем у диплоидов (табл. 7).

Тетраплоидные формы турнепса, не подвергавшиеся отбору на урожайность сырой и сухой массы, в среднем за большой период времени не отличались от аналогичных диплоидных сортов по сбору сырой массы корнеплодов, но у них были существенно меньше урожай листьев, а также сбор сухой массы корнеплодов (табл. 8). Последнее обусловлено более низким (на 0,1—0,8 %) содержанием сухого вещества. В листьях тетраплоидных форм содержание сухого вещества также было на 0,9—1,2 % ниже, чем в листьях диплоидных сортов. Можно предположить, что при селекции тетраплоидного турнепса перспективно вести отбор на увеличение числа листьев на растении и повышение содержания сухих веществ в листьях и корнеплодах.

Различия в содержании сырого протеина в корнеплодах и листьях ди- и тетраплоидных форм составляли 1—3 % и зависели от условий года испытания и сорта (табл. 9). У тетраплоидной формы от Роговского в корнеплодах и листьях содержание протеина было больше, чем у исходного сорта. Следует отметить, что тетраплоиды от сортов Хи-

Таблица 9

Химический состав сухого вещества (% к абсолютно сухой массе) корнеплодов (числитель) и листьев (знаменатель) ди- и тетраплоидных растений

Форма	Сырой протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ	Зола	P	K	Ca
Эсти Наэрис 1978 г.								
2п	11,2	2,8	12,9	62,2	10,9	1,1	2,8	0,5
	18,8	5,1	22,3	37,8	16,6	0,7	3,0	2,8
4п	10,7	2,4	16,1	72,6	8,7	1,1	2,8	0,5
	15,6	5,4	19,8	38,5	19,7	1,0	4,1	2,9
1979 г.								
2п	12,6	1,7	19,9	55,1	10,7	1,1	5,0	0,5
	24,3	5,1	19,4	45,8	15,4	1,2	5,4	3,0
4п	13,4	1,7	19,3	55,8	9,8	1,2	5,2	0,5
	18,4	4,8	16,0	44,1	16,7	0,8	4,1	2,5
Хибинский 1978 г.								
2п	14,9	1,7	17,9	55,1	10,5	1,2	5,7	0,6
	13,1	4,9	21,6	42,9	17,5	0,9	2,7	2,9
4п	9,8	1,5	17,6	62,0	9,1	1,1	2,4	0,5
	18,8	4,8	25,0	29,7	21,7	0,9	3,5	2,4
1979 г.								
2п	13,1	1,5	18,3	56,2	10,9	1,0	5,1	0,4
	20,9	4,9	19,0	40,6	14,6	1,2	4,9	2,9
4п	15,6	1,4	18,1	52,7	12,2	1,2	5,5	0,4
	22,1	5,0	23,3	33,3	16,3	1,2	5,5	2,7
Роговский 1978 г.								
2п	11,3	2,5	13,3	64,1	8,8	0,8	2,6	0,6
	17,4	6,1	18,8	43,8	13,9	0,8	2,3	2,8
4п	12,0	2,1	14,0	63,6	8,3	1,2	5,0	1,0
	20,6	6,3	22,7	31,2	19,2	1,1	3,1	2,8
1979 г.								
2п	12,7	1,8	19,6	57,0	8,9	1,2	4,1	0,5
	20,0	4,6	16,3	43,5	15,6	1,1	4,8	2,9
4п	15,4	1,5	2,22	51,4	9,5	1,0	5,0	0,5
	21,4	5,2	2,28	32,7	17,9	1,1	3,9	2,7

бинский и Роговский отличались от исходных сортов несколько большим содержанием клетчатки в листьях, а все изучаемые тетраплоиды — большим содержанием золы. За счет этого в них снизилось содержание безазотистых экстрактивных веществ. Различия в содержании зольных элементов были незначительными, неоднозначными, что не позволило сделать определенные выводы о влиянии полиплоидии на эти показатели.

Полиплоидия существенно изменила структуру семенных растений турнепса. У них уменьшилось число побегов 3-го и 4-го порядков, число стручков и их длина. Количество семян в стручке у тетраплоидов также уменьшилось. Все это обусловило снижение семенной продуктивности. Посевные качества семян тетраплоидного турнепса оказались достаточно высокими. От диплоидных они отличались незначительно, но размеры семян, масса 1000 семян и сила начального роста (надземная масса 100 проростков) у них были выше. В селекционной работе с тетраплоидами турнепса необходимо вести систематический улучшающий отбор на семенную продуктивность.

Заключение

Для массового получения тетраплоидных форм турнепса при недостатке исходного материала целесообразно применять кратную с суточными интервалами обработку верхушечных точек роста растений 1-го года жизни в фазах семядоли, начала появления настоящих листьев 0,5 % раствором колхицина в агаре (0,7 %). При достаточном количестве семян эффективен способ, при котором их замачивают после проращивания (длина корешков 2—4 мм) в водном растворе колхицина при концентрации препарата 0,05—0,1 % и экспозиции 3 ч.

Выделение тетраплоидов из колхицинированного материала в ранних поколениях следует проводить по комплексу косвенных анатомо-морфологических признаков: форме и толщине первых листьев, числу хлоропластов в замыкающих клетках устьиц, размерам пыльцевых зерен и числу микропор на экзине.

Экспериментально полученные тетраплоидные формы турнепса следует рассматривать как исходный материал, обладающий отдельными положительными признаками, с которым надо работать, применяя традиционные методы селекции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов П. П., Балышева Г. А., Балышев Л. Н. Экспериментальное получение тетраплоидных форм кормовой капусты и кольраби и их улучшение. — Изв. ТСХА, 1984, вып. 1, с. 31—40. — 2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. — 3. Окерберг Э. Использование гетерозиса в растениеводстве скандинавских стран. — В сб.: Гетерозис. Теория и практика. Л.: Колос, 1968, с. 115—127. — 4. Шебалина М. А. Рена, турнепс и брюква. Л.: Колос, 1974, с. 311—318. — 5. Bragdo M. — Euphytica, 1955, vol. 4, N 1, p. 76—82. — 6. Brykczynski J. — Zeszyty problemowe PNR, 1960, N 20, S. 112—117. — 7. Josefsson A. — Hereditas, 1955, vol. 41, N 1—2, p. 285—290. — 8. Josefsson A. — Sveriges utsädesförenings Tidskrift Agr., 1958, N 1—2, p. 45—51. — 9. Levan A. — Sveriges utsädesförenings Tidskrift Agr., 1945, N 55, p. 109—143. — 10. Ramanujam S., Deshmukh M. J. — Ind. J. Genet. Pl. Br., 1945, vol. 1, N 5, p. 63—81. — 11. Speckmann G. J., Dijkstra H., Hilly A. — Euphytica, 1967, vol. 16, N 3, p. 313—318.

Статья поступила 12 мая 1985 г.

SUMMARY

The experiments were carried out on the Kalinin training farm of the Timiriachev Academy (the Michurinskiy district, the Tambov region) in 1967—1983. Ways of large-scale production of turnips tetraploid have been worked out. Methods of obtaining them from treated material have been made more clearcut. Tetraploid forms of 4 turnip varieties have been created. It has been found that tetraploid turnips have certain positive characteristics; to increase their productivity one should use conventional methods of selection.