

# УСКОРЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛИНЕЙНОГО МАТЕРИАЛА СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ



## ACCELERATION OF THE BREEDING PROCESS TO CREATE A LINEAR MATERIAL OF RED BEET

Ветрова С.А. – кандидат с.-х. наук, с.н.с. лаб. селекции и семеноводства столовых корнеплодов  
E-mail: lana-k2201@rambler.ru

Козарь Е.Г. – кандидат с.-х. наук, вед. н.с. лаб. новых технологий  
E-mail: kozar\_eg@mail.ru

Федорова М.И. – доктор с.-х. наук, проф., гл.н.с. лаб. селекции и семеноводства столовых корнеплодов  
E-mail: 12-mif-03@mail.ru

Федеральное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства»  
143072, Россия, Московская обл.,

Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

Vetrova S.A. – PhD in agriculture, senior researcher of the laboratory of breeding and seed production of table root crops  
E-mail: lana-k2201@rambler.ru

Kozar E.G. – PhD in agriculture, leading researcher of the laboratory of new technologies  
E-mail: kozar\_eg@mail.ru

Fedorova M.I. – PhD in agriculture, professor, Principal Scientist of the laboratory of breeding and seed production of table root crops  
E-mail: 12-mif-03@mail.ru

FSBSI Federal Scientific Vegetable Center  
Selectionaya St. 14, VNISSOK,  
Odintsovo region, Moscow oblast, 143080, Russia

Традиционное получение линейного материала и гибридов в селекции свеклы столовой является трудоемким, длительным процессом из-за двухлетнего цикла развития растений, само- и перекрестной несовместимости, инбредной депрессии. Значительно сократить жизненный цикл растений позволяет яровизация на разных стадиях развития, в том числе на стадии «штеклинга». Выращивание растений с использованием культуры штеклингов в селекции свеклы столовой до сих пор не нашло широкого применения и изучено недостаточно, в связи с этим в 2009-2018 годах на базе ФГБНУ Федерального научного центра овощеводства проведены исследования, посвященные этому вопросу. Материалом исследований являлись инбредные потомства I<sub>1,5</sub>, которые изучали в нескольких сериях независимых экспериментов с использованием разных схем выращивания штеклингов и маточных зрелых корнеплодов (в однолетнем и двухлетнем циклах). Показано, что использование культуры штеклингов и защищенного грунта в селекционных схемах создания линий свеклы столовой целесообразно, так как ускоряет процесс оценки гетерогенности инбредных потомств по скороспелости, индексу корнеплода, проявлению признака ЦМС, а также позволяет получать более широкий набор различных инбредных форм за счет высокой изменчивости в потомстве. Вероятность появления ценных полностью стерильных ms-форм выше в группе скороспелых растений с большей массой штеклинга, а перспективных самосовместимых mf-линий – среди мелких фракций среднеспелых и позднеспелых инбредных потомств. Тем не менее, непрерывное использование культуры штеклингов следует рекомендовать только для предварительной оценки селекционного материала по признаку ЦМС, с последующим размножением выделенных перспективных инбредных потомств в открытом грунте («метод половинок»), и на более поздних этапах селекционного процесса в качестве экспресс-оценки комбинаций скрещивания по признаку ЦМС при проверке mf-форм на закрепляющую способность. Чередование культуры штеклингов с традиционным циклом двухлетней культуры в сочетании с методами рекуррентной селекции, а также использование разных фонов (поле, защищенный грунт), позволяет повысить результативность отбора и получить выровненные по основным хозяйственно значимым признакам перспективные инбредные потомства за более короткий срок.

**Ключевые слова:** свекла столовая, яровизация, штеклинги, линейный материал, защищенный грунт, селекционный процесс, ЦМС.

**Для цитирования:** Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Федорова М.И. УСКОРЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛИНЕЙНОГО МАТЕРИАЛА СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ. Овощи России. 2019;(1):29-36. DOI:10.18619/2072-9146-2019-1-29-36

Свекла столовая – ценная, незаменимая для рационального питания человека овощная культура, характеризующаяся высоким содержанием биологически и физиологически активных веществ, витаминов, специфических минеральных солей, бетаина и бетанина (Буренин В.И., 2007). Благодаря высокой сохранности, употребление корнеплодов в пищу возможно в течение всего года, начиная от пучковой спелости при раннем или подзимнем посеве до нового урожая. В настоящее время для потребителя предлагается широкий ассорти-

The traditional production of linear material and hybrids in the selection of red beet is a time-consuming, long-term process due to the two - year cycle of plant development, self-and cross-incompatibility, inbred depression. Significantly reduce the life cycle of the plant allows the vernalization at different stages of development, including during the "steckling". Cultivation of plants with the use of steckling culture in the selection of red beet has not yet found wide application and has not been studied enough, in this regard, in 2009-2018 on the basis of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center". The material of the study was inbred offspring I<sub>1,5</sub>, which were studied in several series of independent experiments using different schemes of growing stecklings and roots (one-year and biennial cycles). It is shown that the use of culture of steckling and protected ground for breeding schemes to create lines of red beet is advisable, as it accelerates the process of evaluating the heterogeneity of inbred progenies for earliness, index, root, the manifestation of cytoplasmic sterility, and also allows you to get a wider range of different inbred forms due to the high variability in the offspring. The probability of a valuable fully-sterile ms-forms higher in the group of early maturing plants with a large mass stecklings and promising self-compatibility mf-lines - among small fractions of mid and late inbred offspring. The continuous use of steckling culture should be recommended only for the preliminary evaluation of breeding material on sign of cytoplasmic sterility, followed by the reproduction of selected promising inbred offspring in the open field ("halves method"), and at later stages of the breeding process as a rapid assessment of crossing combinations on sign of cytoplasmic sterility when checking mf-forms on the fixing ability. The alternation of the culture of stecklings with the traditional biennial cycle of culture in conjunction with the techniques of recurrent selection and use of different backgrounds (field, greenhouse), can improve the performance of the selection and get aligned according to the main economic-important signs of promising inbred offspring in a shorter period of time.

**Keywords:** red beet, vernalization, steckling, line material, protected ground, a selection process, cytoplasmic sterility

**For citation:** Vetrova S.A., Kozar E.G., Fedorova M.I. ACCELERATION OF THE BREEDING PROCESS TO CREATE A LINEAR MATERIAL OF RED BEET. Vegetable crops of Russia. 2019;(1):29-36. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2019-1-29-36

мент сортов свеклы столовой российской и иностранной селекции, однако среди производителей предпочтение отдается гибридам F<sub>1</sub>, которые по сравнению с сортовыми популяциями наиболее выровнены, пластичны и, как следствие, технологичны. Из представленного сортамента на 2018 год доля гибридов составляет лишь 20%.

Традиционное получение линейного материала и гибридов в селекции свеклы столовой является трудоемким, длительным процессом из-за 2-летнего цикла раз-

вития растений, само- и перекрестной несовместимости, инбредной депрессии. Несмотря на то, что свекла обладает генетической самонесовместимостью, в гибридной селекции это не нашло широкого применения, как, например, на капустных культурах. Одним из основных путей получения гибридов на культуре свеклы является использование форм с цитоплазматической мужской стерильностью (ЦМС). Гетерозисная селекция на основе ЦМС требует привлечения разнообразного исходного материала и создания фертильных (mf) и стерильных (ms) линий. У перекрестноопыляемых двулет-

них культур на данный этап затрачивается 8-10 лет. В естественных условиях растения свеклы зацветают и дают семенное потомство только на второй год жизни после прохождения стадии яровизации в течение 2-2,5 месяцев при температуре 2...3°C во время зимнего хранения и светового периода после высадки корнеплодов в грунт. Используя биологические особенности растений, разрабатываются приемы их выращивания, направленные на замедление или ускорение развития. Жизненный цикл растений свеклы можно сократить до 1-1,5 лет путем яровизации растений на разных стадиях

ЦИКЛ РАЗВИТИЯ	1 год											2 год											3 год		
	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
двулетняя культура (корнеплоды): поле – поле	поле			хранилище								поле								поле					
	посев семян - исх.	развитие корнеплодов	уборка корнеплодов	яровизация и хранение корнеплодов								высадка маточников	развитие семенных растений - оценка на ЦМС, инбридинг	уборка и обмолот семенных растений I1	доработка и хранение семян - I1				посев семян I1						
двулетняя культура (корнеплоды): поле – теплица	поле			хранилище				теплица								поле	теплица								
	посев семян - исх.	развитие корнеплодов	уборка корнеплодов	яровизация корнеплодов				высадка маточников	развитие семенных растений – оценка на ЦМС, инбридинг				уборка и обмолот семенных растений I1				доработка и хранение семян - I1		посев семян I1						
однолетняя культура (штеклинги): теплица - теплица	теплица			хранилище		теплица										поле	теплица								
	посев семян - исх	развитие штеклингов	уборка штеклингов	яровизация		высадка маточников				развитие семенных растений - оценка на ЦМС, инбридинг				уборка и обмолот семенных растений				доработка и хранение семян - I1		посев семян - перспективные образцы I2					
												теплица		хранилище		теплица									
												посев семян - I1 (раннеспелые формы)		развитие штеклингов		уборка		яровизация		высадка маточников		развитие семенных растений, оценка на ЦМС, инбридинг		уборка и обмолот семян - I2	

Рис. 1. Схемы получения и оценки инбредных потомств свеклы столовой с применением разных технологий и условий выращивания.  
Fig. 1. Schemes of obtaining and evaluation of inbred offspring of red beet with the use of different technologies and growing conditions.

развития, например, на стадии «штеклинга» (Чеснокова В.А., 1934; Бельденкова А.Ф., 1945; Kahangi M., 1988; Красочкин В.Т., 1950).

Сущность метода штеклингов заключается в том, что семена высевают в летние сроки на хорошо удобренных участках. В дальнейшем такие посевы остаются без прореживания и к уборке дают большое количество мелких корнеплодов, обеспечивая значительный выход маточного материала (Федорова А.И., 1962, Фомичев А.М., 1978, Сазонова Л.В., 1990). Корнеплоды при таком способе выращивания получаются мелкие, до 100 г, поскольку они выращиваются при загущенном стоянии растений, то выживают самые сильные биотипы с богатыми наследственными качествами (Шевцов И.А., 1980).

Использование культуры штеклингов широко применяется на культуре свеклы сахарной: в семеноводстве и при ускоренном репродуцировании селекционно ценных образцов. Обладая высокой биологической активностью, мелкие корнеплоды летнего загущенного посева при уплотненной посадке обеспечивают высокий урожай семян с хорошими посевными и физическими качествами. Развитие корнеплодов от семенного потомства штеклингов не отличается от потомства, полученного в двулетней культуре. Мелкие корнеплоды (штеклинги) летнего загущенного посева характеризуются высокой сохранностью и приживаемостью, по сравнению со зрелыми маточными корнеплодами весеннего посева (Апасов И.В., 2015). Количество плодonoсящих растений после прохождения стадии яровизации в большей мере определяется величиной корнеплода, поскольку показано, что одновозрастные почки корнеплодов столовой и сахарной свеклы завершают процессы яровизации тем быстрее, чем крупнее органы запасных питательных веществ, обеспечивающие меристемы точек роста достаточным количеством необходимых веществ. Наибольшее число цветущих растений (85%) отмечено в крупной фракции штеклингов, выращенных при летнем посеве в III декаде июля (Суцевич А.В., 1964; Смирнов П.С., 1966).

Выращивание растений свеклы столовой с использованием культуры штеклингов в селекции до сих пор не нашло широкого применения и изучено недостаточно, хотя использование этой технологии, как и защищенного грунта, может значительно ускорить селекционный процесс. Особенно это актуально на первых этапах создания линейного материала свеклы столовой, когда необходимо получить и проанализировать большой объем инбредных потомств различного происхождения, а также множество комбинаций скрещивания между ними. Для успешного внедрения таких методов в селекционную практику необходимо знать его возможности, преимущества и недостатки по сравнению с традиционной схемой селекции конкретной культуры. Целенаправленные исследования этого вопроса на культуре свеклы столовой проведены в 2009-2018 годы на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», основные выводы которых обсуждаются в данной статье.

Материалом исследований являлись инбредные потомства, полученные на основе сортовой популяции Нежность, которые изучали в нескольких сериях независимых экспериментов с использованием разных схем выращивания штеклингов и маточных зрелых корнеплодов (рис. 1).

В первой серии опытов: маточные корнеплоды и семенные растения выращивали в необогреваемой ангарной теплице – по традиционной схеме двулетнего цикла; штеклинги и семенные растения инбредных

потомств I<sub>1-2</sub> выращивали в обогреваемой голландской теплице (однолетний цикл) по схеме: посев (III-IV декада июля) → хранение штеклингов (декабрь-февраль) → посадка штеклингов (февраль) → учет и уборка семенных растений (июль-август).

Во второй серии опытов семенные растения инбредных потомств I<sub>3-4</sub> выращивали в обогреваемой голландской теплице с февраля по июнь с использованием малообъемной технологии при продолжительности светового периода 16 час с досветкой, где высаживали полученные в той же теплице (август-ноябрь) штеклинги, уборку которых на яровизацию проводили отдельными партиями в три срока с интервалом в 30 суток (по мере достижения диаметра головки штеклинга более 15 мм) и одновременно маточные корнеплоды (двулетний цикл), выращенных в условиях пленочной ангарной теплицы (июнь-сентябрь).

В третьем опыте штеклинги I<sub>4-5</sub> выращивали в условиях блочной пленочной теплицы в летнем обороте и уборку проводили единовременно в конце сентября при достижении диаметра головки более 15 мм у 80% растений.

**Влияние технологии и схемы выращивания на продолжительность межфазных периодов развития растений инбредных потомств свеклы столовой.** Использование защищенного грунта для выращивания растений свеклы столовой позволяет ускорить процесс селекции. При этом выращивание инбредных потомств через культуру штеклингов можно осуществлять в любое, в том числе и внесезонное время года. Сокращение временного периода при получении семенного потомства главным образом обеспечивается за счет сокращения периода яровизации (60 суток вместо 180), поскольку нет необходимости хранения корнеплодов до высадки.

При изучении длительности вегетационного периода растений свеклы столовой при разных технологиях выращивания показано, что в пределах индивидуальных потомств, продолжительность формирования штеклингов варьировала от 77 до 135 суток, в зависимости от потомства. Но в среднем, по всей совокупности потомств формирование штеклингов при летнем посеве в условиях защищенного грунта сопоставимо с продолжительностью формирования маточных корнеплодов при весеннем посеве в поле – около 115±16 суток (рис. 2).

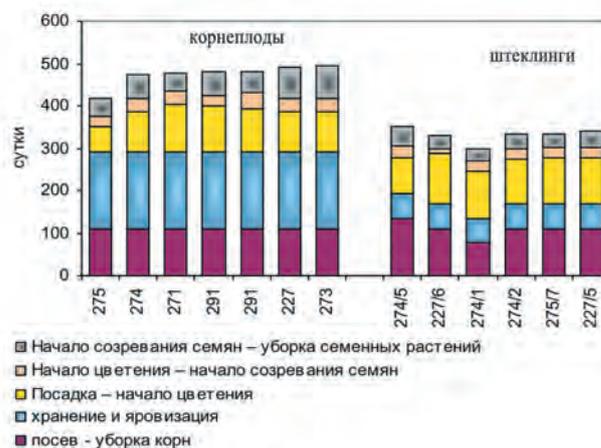


Рис. 2. Продолжительность межфазных периодов развития растений свеклы столовой при выращивании через двулетнюю культуру (корнеплоды) и штеклинги (по средним данным в пределах индивидуальных потомств).  
Fig. 2. The duration of interphase periods of development of plants of red beet in the cultivation using perennial crop (root vegetables) and steckling (according to average data within individual progenies).

Широкий диапазон варьирования межфазного периода от посева до уборки штеклингов в инбредных потомствах возможно связан с тем, что в свежесобранных семенах еще не полностью завершились метаболические процессы, связанные с «дозреванием» зародыша, в результате чего растягивается начальный период «посев-всходы». Кроме того, инбредные потомства существенно отличаются по скороспелости, поэтому, как показали исследования, уборку штеклингов отдельных потомств (растений) следует проводить в разные сроки поэтапно, ориентируясь на диаметр головки.

Цветение инбредных семенных растений в зимне-весеннем обороте, при выращивании через культуру штеклингов наступало в среднем на 30-35 суток раньше, относительно растений, выращенных из зрелых маточных корнеплодов, но по сравнению с семенными растениями, выращенными из зрелых маточных корнеплодов в летнем обороте – позже, в среднем на 12 суток. При этом семенные растения, выращенные через штеклинги, характеризуются более дружным созреванием семян – продолжительность периода «начало созревания – уборка семян» составляла около 35 суток, тогда как через двулетнюю культуру – 50-57 суток (рис.2). Растянута созревания семян через двулетнюю культуру обусловлена многостебельностью и более крупным габитусом семенного растения.

**Влияние культуры штеклингов на проявление признака ЦМС инбредных растений свеклы столовой и ее взаимосвязь с хозяйственно ценными признаками корнеплода.** При создании стерильных линий свёклы столовой важно отобрать биотипы с высокой степенью проявления признака ЦМС, а при создании линий закрепителей стерильности и опылителей – инбредные *mf*-растения, склонные к самофертильности (Тимин, 2003). Отбором нужных биотипов на стадии штеклинга можно не только ускорить, но и повысить его результативность. Для этого необходимо знать характер взаимосвязей проявления признака ЦМС и других селекционно-значимых признаков на разных стадиях развития растений (Шевцов, 1980, Корнеева, 2003), что позволяет определить возможности и разработать критерии отбора нужных биотипов на стадии штеклинга.

В результате изучения большого объема селекционного материала различного происхождения установлено, что признак ЦМС у свеклы столовой в пределах индивидуального растения имеет различную степень выраженности и может проявляться в виде частичной стерильности (*ч/мс*):

- различного соотношения стерильных и фертильных пыльников (4:1; 3:2; 2:3) в пределах одного цветка;
- отдельных, полностью стерильных цветков (от 1 до 5 штук) в соцветиях;

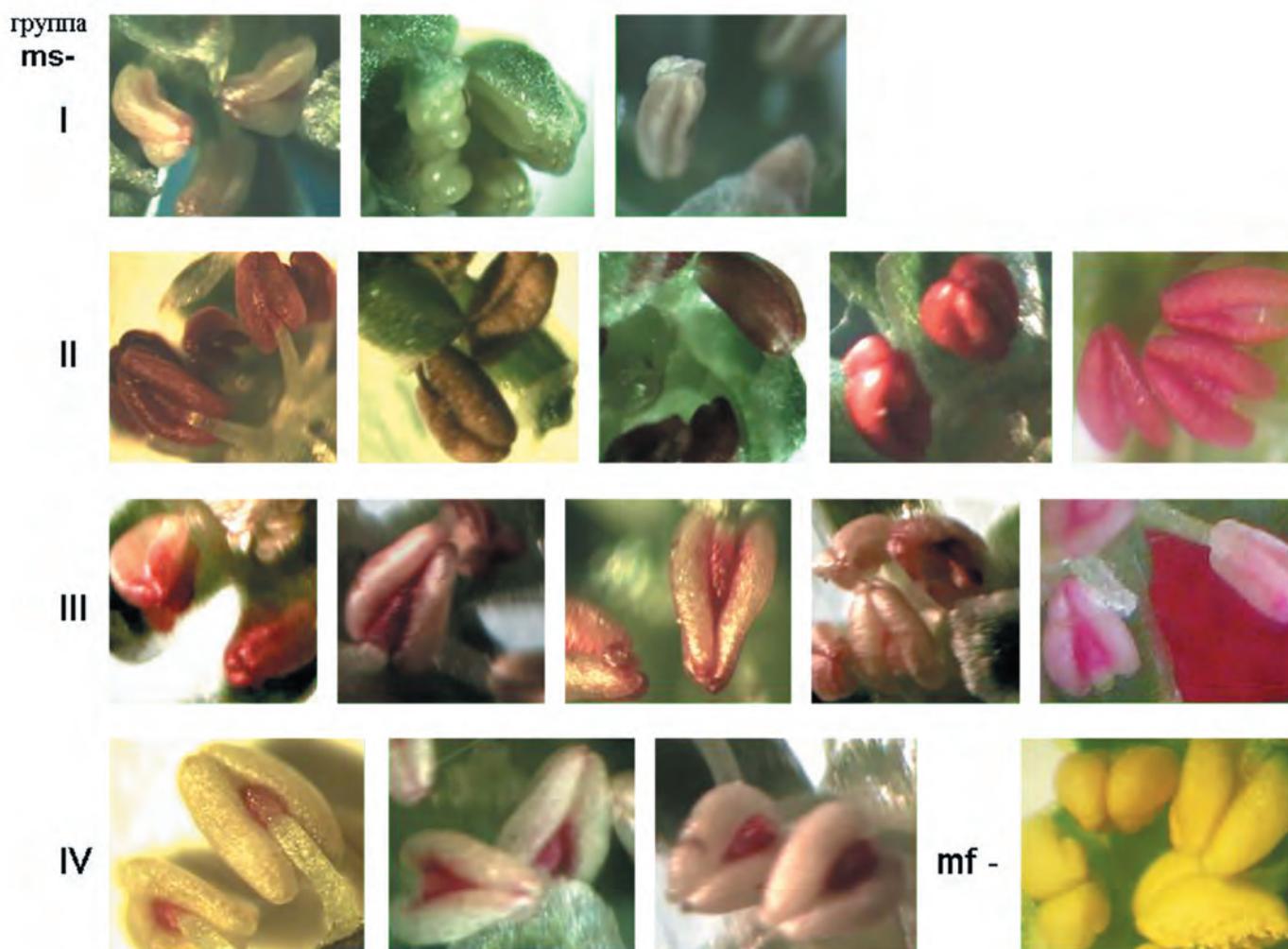


Рис. 3. Группы стерильных пыльников свеклы столовой по характеру окрашивания.  
Fig. 3. Group of sterile anthers beet on the nature of painting.

Таблица. Проявление признака ЦМС в инбредных потомствах I<sub>1-3</sub> сортопопуляции Нежность, полученных через двулетний цикл и культуру штеклингов  
Table. The manifestation of cytoplasmic male sterility in inbred progenies I<sub>1-3</sub> of varieties Nezhnost, through the roots and stecklings

Поколение инбридинга	Частота встречаемости ms-форм в потомствах, %		Степень стерильности индивидуальных растений, %	
	двулетний цикл $\frac{x}{\text{min-max}}$	штеклинги $\frac{x}{\text{min-max}}$	двулетний цикл $\frac{x}{\text{min-max}}$	штеклинги $\frac{x}{\text{min-max}}$
I <sub>1</sub>	$\frac{10}{10-12}$	$\frac{60}{40-80}$	$\frac{30}{10-50}$	$\frac{50}{10-80}$
I <sub>2</sub>	$\frac{20}{10-30}$	$\frac{40}{10-70}$	$\frac{40}{20-60}$	$\frac{55}{10-100}$
I <sub>3</sub>	$\frac{8}{5-11}$	$\frac{35}{30-40}$	$\frac{55}{50-60}$	$\frac{75}{50-100}$

- отдельных ветвей (преимущественно центральные ветви первого порядка), несущих только стерильные цветки;

и 100% стерильности (ms) – полное отсутствие фертильных пыльников на растении.

По характеру окрашивания и интенсивности маркерной окраски различных частей стерильных пыльников (широкий спектр оттенков от розового до коричневого) выделено четыре фенотипические группы:

I - не окрашены, полупрозрачные (по типу сахарной свеклы);

II - все части пыльника окрашены равномерно;

III - окрашены неравномерно (наиболее интенсивно в различные оттенки от розового в районе связника;

IV - окрашен только связник пыльника. Фертильные пыльники имеют желтую окраску разной интенсивности (рис. 3).

При оценке инбредных потомств по фенотипическому проявлению признака ЦМС учитывают степень стерильности растения – процент стерильных пыльников или цветков на растении, и частоту встречаемости стерильных растений – процент ч/ms- и ms-растений от общего числа растений в потомстве (Федорова и др., 2011).

Анализ полученных данных показал, что при однолетнем цикле развития через культуру штеклингов, не зависимо от условий выращивания, в разных поколениях инбридинга происходит повышение степени стерильности семенных растений, и увеличение частоты встречаемости полностью стерильных биотипов, относительно двулетнего цикла (табл.). Появление большего

числа ms-растений с высокой степенью стерильности при выращивании семенных потомств свеклы в большей степени обусловлено изменением стадии яровизации (штеклинг или зрелый корнеплод), чем влиянием внешних факторов (температура, влажность, освещенность и т.д.).

Фенотипическое проявление признака ЦМС семенных растений свёклы столовой, полученных через культуру штеклингов I<sub>1-3</sub>, существенно не отличалось от такового на растениях, выращенных в двулетнем цикле, и представлено всем разнообразием маркерной окраски пыльников. Относительно двулетнего традиционного оборота отмечено увеличение доли стерильных зерен в структуре пыльцевой популяции (на 2-20%), снижение жизнеспособности (на 1-9%), в зависимости от генетической природы инбредного потомства и степени стерильности растений. Максимальные отклонения по этим признакам наблюдались в группе mf-растений, полученных через культуру штеклингов, при незначительном замедлении скорости роста пыльцевой трубки *in vitro* (<20%), что приводит к некоторому снижению семенной продуктивности (рис.4) (Федорова и др., 2015).

В группе частично-стерильных растений отмечена иная реакция - пыльцевые трубки в условиях зимне-весеннего оборота в 1,6-2 раза длиннее, чем в летний период выращивания семенных растений. Этим можно объяснить то, что в ряде случаев, частично-стерильные семенные растения свеклы столовой, полученные через культуру штеклингов, по сравнению с двулетней культурой, имели более высокую семенную продуктив-

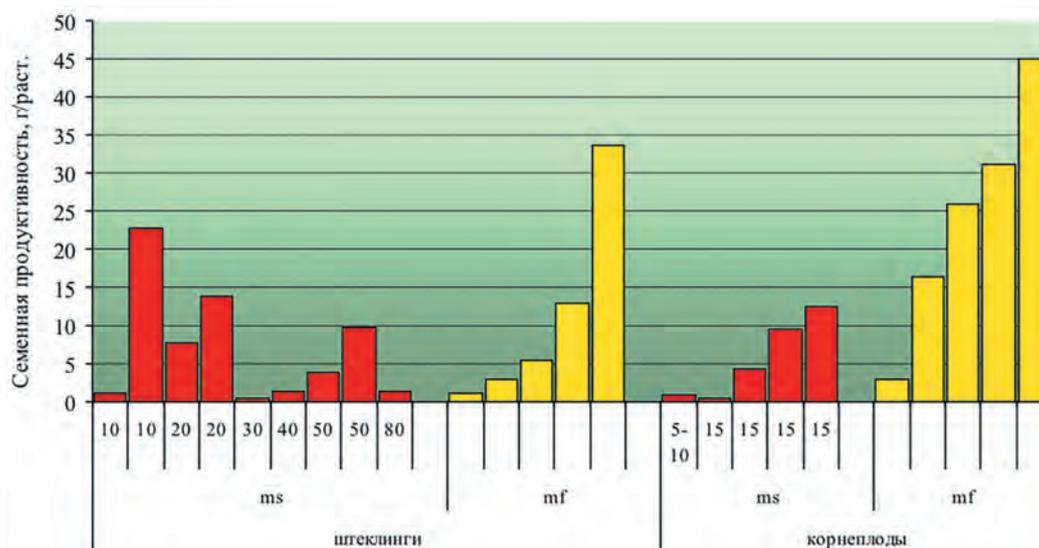


Рис. 4. Семенная продуктивность растений инбредных потомств свеклы столовой, выращенных через двулетний цикл и культуру штеклингов

Fig. 4. Seed productivity of plants of inbred offspring of red beet, grown through the biennial cycle and culture of stecklings.

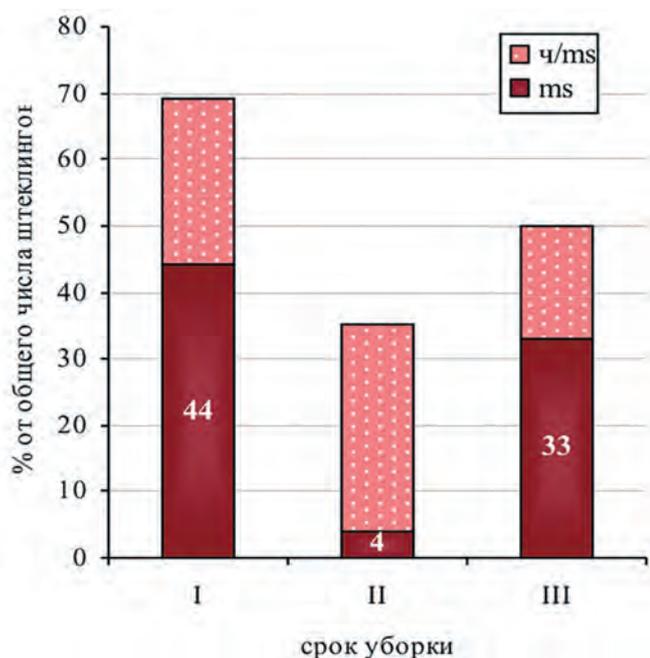


Рис. 5. Проявление признака ЦМС в инбредных потомствах  $I_3$  свёклы столовой в зависимости от срока уборки штетклингов: ms – полностью стерильные растения; ч/ms – частично-стерильные растения.  
Fig. 5. The manifestation of sign of cytoplasmic sterility  $i$  in inbred progenies  $I_3$  beet depending on term of harvest of stecklingov: ms - completely sterile plants; h / ms - partially sterile plants.

ность при инбридинге. В целом, в инбредных потомствах сортопопуляции Нежность, выращенных через культуру штетклингов, способность завязывать семена отмечена у частично стерильных растений со степенью стерильности 10-80%, тогда как в потомствах, выращенных через двулетнюю культуру, семенное потомство получено с частично стерильных растений, степень ЦМС которых не превышала 15% (рис. 4).

Анализ взаимосвязи между характером проявления ЦМС и морфологическими признаками штетклингов инбредных потомств  $I_2$  показал, что число ms-растений возрастает по мере увеличения средней массы штетклингов (рис.5), которая определяется рядом факторов. В первую очередь – генетически детерминированными признаками инбредного растения такими, как «крупноплодность» и «раннеспелость». Наибольшее число семенных растений с признаком ЦМС присутствовало в группе штетклингов раннего I срока уборки (около 70% от числа семенных растений в группе). При этом большинство выделенных биотипов характеризовались 100%-ой мужской стерильностью, доля которых составила 44% от общего числа (64% от числа ЦМС-растений). В группе II срока уборки, преобладали фертильные семенные растения (более 65%). В группе семенных растений III срока доля растений с признаком ЦМС составила 50%, с преобладанием ms-форм (67% от числа ЦМС-растений). В целом, растения с признаком ЦМС при всех сроках уборки характеризовались наибольшей средней массой штетклингов (рис. 6).

То есть, установлено, что не зависимо от срока уборки и условий выращивания, вероятность появления ценных ms-форм выше в группе скороспелых растений с большей массой штетклинга, которая, в свою очередь, коррелирует с размерами головки ( $r=0,84$ ). Для создания перспективных mf-линий с высокой закрепляющей способностью целесообразно отбирать штетклинги среди мелких фракций среднеспелых и позднеспелых инбредных потомств.

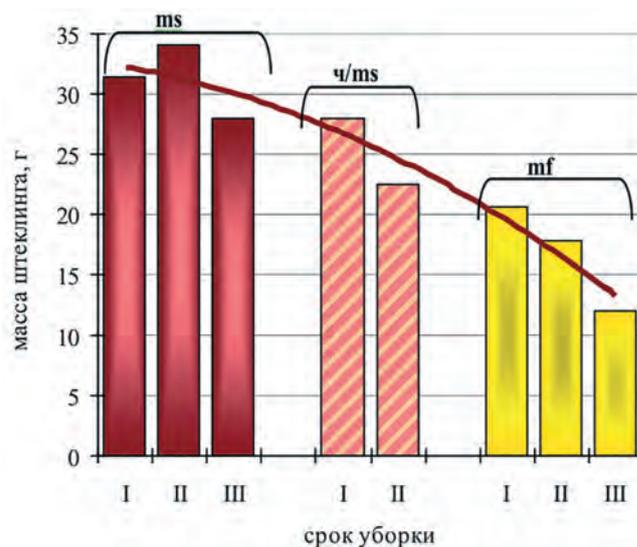


Рис. 6. Средняя масса штетклингов, различных по стерильности семенных растений, в зависимости от сроков уборки.  
Fig. 6. The average weight of the stecklings, different in sterility of seed plants, depending on the timing of harvesting.

**Влияние технологии выращивания (штетклинги и двулетняя культура) на изменчивость хозяйственно-ценных признаков корнеплодов инбредных потомств свёклы столовой.** Возможность отбора ценных генотипов на стадии штетклинга по селекционно-значимым признакам определяется характером взаимосвязей между морфологическими признаками штетклинга и полностью сформированного корнеплода. По результатам проведенного анализа отмечена прямая зависимость формы (по индексу) корнеплода инбредных растений, полученных через двулетнюю культуру и штетклинги, наиболее выражена эта взаимосвязь в группе раннеспелых потомств ( $r=0,94$ ), выделенных по скороспелости штетклингов (1 группа), основные параметры которых к моменту уборки сопоставимы со зрелыми корнеплодами (рис. 7).

В большинстве изученных инбредных потомств второй и третьей групп спелости (за исключением 274/2-3-15-4; 274/2-3-15-5; 274/5-6-1-7), штетклинги имели более высокие средние значения индекса корнеплода относительно двулетней культуры. Это связано с биологическими особенностями формирования корнеплода культуры свёклы столовой, динамика линейного роста в длину и ширину которого различна. В начальный период развития растений происходит интенсивный рост осевого корешка в длину, после чего при нарастании листьев и увеличении их ассимилирующей поверхности происходит отток ассимилятов к корешку, он утолщается и начинается образование корнеплода (Красочкин и др., 1971). Тем не менее, коэффициент корреляции между индексом штетклингов и зрелых корнеплодов в обеих группах спелости также был значим и составил  $r=0,51$ , что свидетельствует о возможности проведения отбора нужных генотипов по форме корнеплода уже на стадии штетклинга (округлые, цилиндрические и т.д.).

Не менее важное значение для селекции имеет последствие разных технологий (двулетняя культура; культура штетклингов) и условий (поле, теплица) выращивания семенных растений на хозяйственно ценные

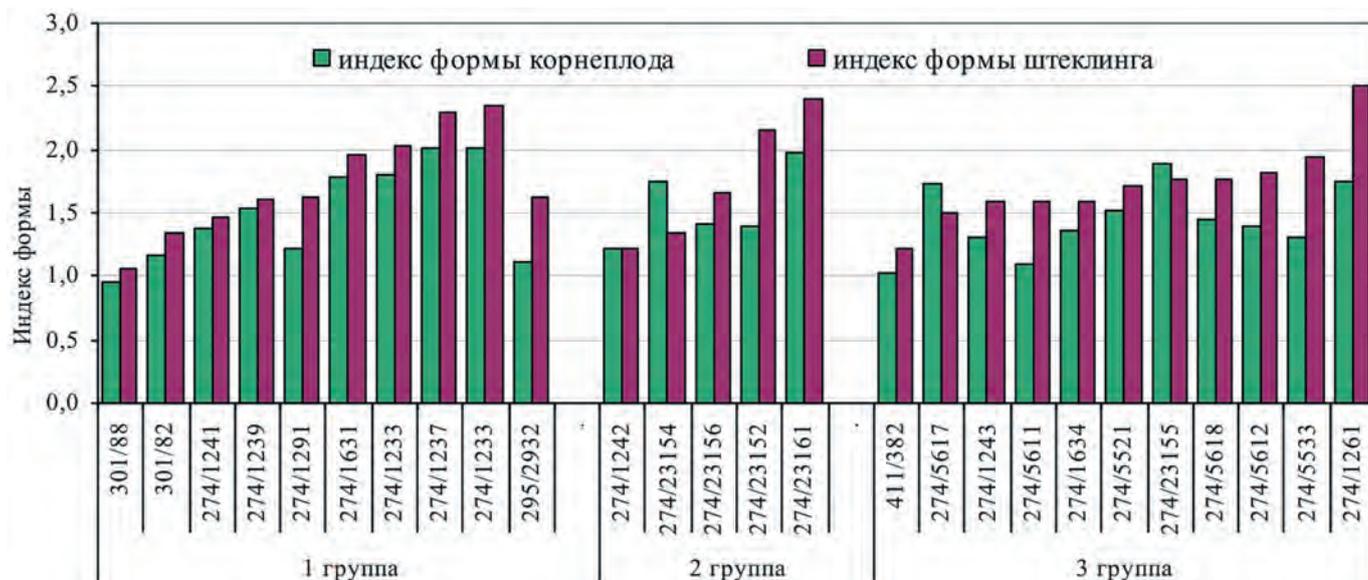


Рис. 7. Индекс формы штеклингов и корнеплодов инбредных потомств  $I_{3-4}$  свеклы столовой разных групп спелости (среднее): 1 – раннеспелые; 2 – среднеспелые; 3 – позднеспелые.  
Fig. 7. The shape index of stecklings and roots of inbred progenies  $I_{3-4}$  beet with different maturity (average): 1 – early; 2 – middle –; 3 – late.

признаки корнеплодов полученных потомств следующих поколений. Результаты сравнительного анализа показали, что растения инбредных потомств из семян штеклингов (вариант Б) характеризовались высокой изменчивостью по большинству изученных признаков, по сравнению с инбредными потомствами от зрелых маточных корнеплодов (вариант А), не зависимо от поколения инбридинга ( $I_2$ ,  $I_4$ ) и условий выращивания (рис. 8).

Высокую изменчивость по массе, форме и другим признакам корнеплода, в данном случае, можно рассматривать как фактор, позволяющий выявить генетическое разнообразие и повысить результативность отбора нужных биотипов на ранних этапах селекции.

#### Заключение

При включении в селекционный процесс для создания линейного материала свеклы столовой защищенного грунта и культуры штеклингов, следует учитывать следующие особенности данного методического подхода:

1. Сокращение периода яровизации корнеплодов обуславливает увеличение числа «упрямцев» как через двулетнюю культуру (20-22%), так и через культуру штеклингов (18-20%), при выращивании семенных растений в защищенном грунте в межсезонный период; наибольшее число «упрямцев» отмечено в группе позднеспелых инбредных потомств (рис. 9).

2. При хранении штеклингов, в период яровизации потери ценного селекционного материала (усыхание, различные типы гнилей и др.) достигают 8-10% от числа заложенных, а в период приживаемости и отрастания – около 30% от числа высаженных, в то время как доля погибших высаженных зрелых корнеплодов этих же инбредных потомств в среднем не превышает 5%.

3. При выращивании семенных растений в условиях защищенного грунта в

зимне-весеннем обороте удлиняется период «посадка-начало цветения», что с одной стороны, приводит к позднеспелости семенных растений, а с другой – служит фоном отбора скороспелых форм.

4. Технология получения семенного потомства и условия выращивания штеклингов и маточных корнеплодов влияют на структуру инбредных потомств, изменяя в них соотношение морфобиотипов по отдельным признакам, причем использование защищенного грунта и культуры штеклингов позволяет получать более широкий набор различных инбредных форм за счет высокой изменчивости в потомстве.

Однако, не смотря на отмеченные особенности, использование культуры штеклингов и защищенного грунта в селекционных схемах свеклы столовой целесообразно, так как ускоряет процесс оценки гетерогенности инбредных потомств по скороспелости и проявля-

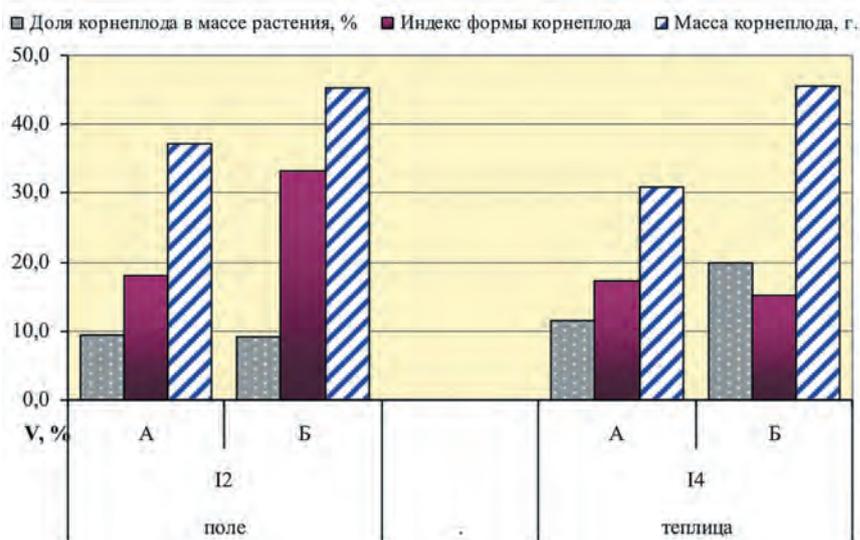


Рис. 8. Изменчивость признаков корнеплода различных инбредных потомств свеклы столовой в условиях поля и теплицы в зависимости от способа получения семян: А – через маточные корнеплоды; Б – через культуру штеклингов.  
Fig. 8. The variability of roots of inbred progenies of red beet in field conditions and greenhouses with different cultivation methods: A - roots; B - stecklings.

нию ЦМС, поиск полностью стерильных ms-форм, выделение устойчивых по данным признакам самосовместимых mf-форм.

Чередование культуры штеклингов с традиционным циклом двулетней культуры в сочетании с методами рекуррентной селекции, а также использование разных фонов (поле, защищенный грунт), позволяет повысить результативность отбора и получить выровненные по основным хозяйственно-значимым признакам перспективные инбредные потомства.

Культуру штеклингов использовать непрерывно рекомендуется только для предварительной оценки селекционного материала по признаку ЦМС, с последующим размножением выделенных перспективных инбредных потомств в открытом грунте («метод половинок»), и на более поздних этапах селекционного процесса в качестве экспресс-оценки комбинаций скрещивания по признаку ЦМС при проверке mf-форм на закрепляющую способность.

В результате разработанной новой селекционной технологии, предложенной схемы селекционного процесса - получен перспективный линейный материал свеклы столовой для селекции на гетерозис на основе ЦМС.

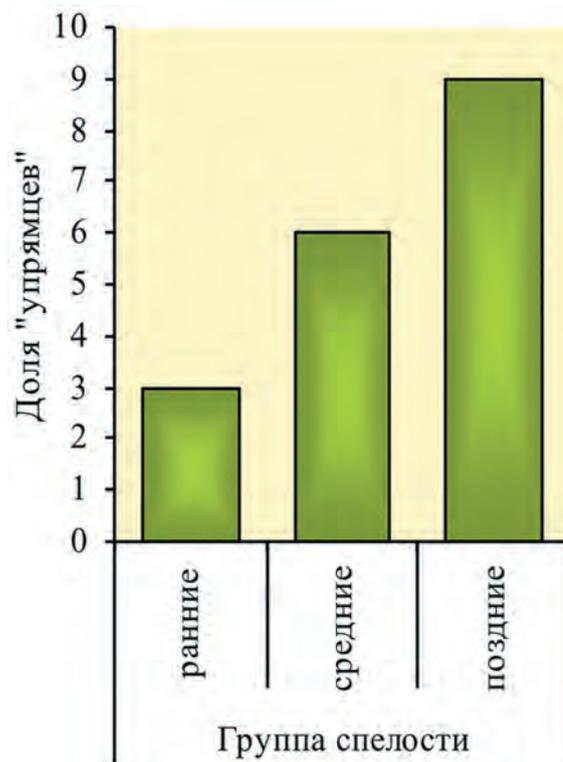


Рис. 9. Доля «упрямцев» в группах инбредных потомств разных групп спелости.  
Fig. 9. Percentage of non-flowering plants in groups of inbred progenies of different ripeness.

## ● Литература

1. Буренин В.И. Генетические ресурсы рода Beta L. (свекла). Санкт-Петербург, 2007.
2. Чеснокова В.А. Яровизация столовой свеклы в целях семеноводства // Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. 1934. – Т.63. – Вып.3.
3. Бельденкова А.Ф., Корякина В.Ф., Сметаниникова А.И. Получение семян элитных культур в один год // Советская ботаника. – 1945. – Т.13. – №5. – С.29-35.
4. Kahangi M., Fudgime J., Obongo J. Effects of seed vernalization of flowering and production of lettuce (Lactuca sativa), 1988. №2. P.39.
5. Красочкин В.Т. О яровизации свеклы в семенах. ДАН СССР. 1950. – Т.70. – С.15.
6. Федорова А.И. Выращивание маточной свеклы способом штеклингов // Сахарная свекла. – 1962. – №1.
7. Фомичев А.М. Метод штеклингов в семеноводстве кормовой свеклы // Селекция и семеноводство. – 1978.
8. Сазонова Л.В., Власова Э.А. Корнеплодные растения (морковь, сельдерей, петрушка, пастернак, редис, редька). – Л.: Агропромиздат. – 1990. – 296 с.
9. Шевцов И.А., Фомичев А.М. Биология и агротехника кормовой свеклы. Киев, 1980.
10. Апасов И.В., Смирнов М.А., Бартенев И.И., Борзенков С.П. Семеноводство сахарной свёклы – стратегический ресурс свеклосахарного комплекса России. Сахар. – 2015. – №12. – С.28-30.
11. Сущевич А.В. Разработка приемов семеноводства сахарной свеклы по способу штеклингов для западных районов Белоруссии. Автореферат дисс. Кандидата с.-х. наук. Минск, 1964. – С.26.
12. Смирнов П.С. Яровизация вегетирующих растений и покоящихся почек двухлетних культур. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Ленинград, 1966. – С.19.
13. Федорова М.И., Ветрова С.А., Козарь Е.Г. Особенности фенотипического проявления признака ЦМС семенных растений свеклы столовой // Овощи России. 2011. №3. – С.18-23.
14. Федорова М.И., Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Машченко Н.Е. Влияние молдстима на проявление селекционно ценных признаков инбредных потомств свеклы столовой // Мат-лы II Межд.научн.конф. «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы» (к 50-летию основания Института генетики и цитологии НАН Беларуси). –Минск. – 2015. – С.130.
15. Красочкин В.Т., Сечкарев Б.И., Сазонова Л.В., Левандовская Л.И. Культурная флора СССР. Корнеплодные растения. Том XIX. Ленинград: Колос, 1971. 436 с.

## ● References

1. Burenin V. I., Genetic resources of the genus Beta L. (beet). St. Petersburg, 2007.
2. Chesnokov V. A. Vernalization of beetroot in order of seed production // Proceedings of the Leningrad society of naturalists. 1934. Vol. 63. Issue 3.
3. Belencova A. F., Koryakina V. F., A. I. Smetannikov Obtaining elite seed crops in one year // Soviet botany. 1945. Vol. 13. №5. P.29-35.
4. M. Kahangi, Fudgime J., Obongo J. Effects of seed vernalization of flowering and production of lettuce (Lactuca sativa). 1988. No.2. P.39.
5. Krasochkin V. T. On the vernalization of sugar beet seeds. DAN SSSR. 1950. Vol. 70. P.15.
6. Fedorova A. I. Cultivation of uterine beet way of sterlingov // Sugar beet. 1962. №1.
7. Fomichev A. M. Method sterlingov seed stern beet // Breeding and seed production. 1978.
8. Sazonova L. V., Vlasova E. A. Root plants (carrots, celery, parsnip, radish). L.: Agropromizdat. 1990. 296 p.
9. Shevtsov, I.A., Fomichev, M. Biology and agrotechnics of beet. Kiev, 1980.
10. Apasov I.V., Smirnov M.A., Bartenev I.I., borsenkov S.P. Seed production of sugar beet-a strategic resource of sugar beet complex of Russia. Sugar. 2015. №12. P.28-30.
11. Cosewic A.V. Development of methods of seed production of sugar beet by way of sterlingov for the Western regions of Belarus. The author's abstract Diss. Candidate of agricultural Sciences. Minsk, 1964. P.26.
12. Smirnov P.C. Vernalization of growing plants and dormant buds of two-year crops. Abstract. Diss. kand. Biol. sciences'. Leningrad, 1966. P.19.
13. Fedorova M.I., Vetrova S., Kozar E.G. Features of the phenotypic manifestation of the sign of CMS of seed plants of the canteen / Vegetables crops of Russia. 2011. №3. P.18-23.
14. Fedorova M.I., Vetrova S.A., Kozar E.G., Mashchenko N. E. Influence of moldstim on manifestation of selection valuable signs of inbred offspring of table beet // Mat-ly II Inter.scientific.Conf. "Genetics and biotechnology of the XXI century: problems, achievements, prospects" (to the 50th anniversary of the Institute of genetics and Cytology of NAS of Belarus). Minsk. 2015. P.130.
15. Krasochkin V. T., Sechkarev B. I., Sazonova L. V., levandovskaya L. I. cultured flora of the USSR. Root plants. Vol. XIX. Leningrad: Kolos, 1971. 436 p.