

*На правах рукописи*

УДК 635.132:635-152

**КАЛАЧЕВА АННА ВАЛЕРЬЕВНА**

**ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА МОРКОВИ  
СТОЛОВОЙ С РАЗНООБРАЗНОЙ ОКРАСКОЙ  
КОРНЕПЛОДА И РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС -  
МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ  
КАРОТИНА**

Специальность: 06.01.05 – селекция и семеноводство  
сельскохозяйственных растений

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

Москва– 2011

Работа выполнена в Государственном научном учреждении  
Всероссийский научно исследовательский институт  
овощеводства Россельхозакадемии в 2008-2010 гг.

**Научный руководитель:**

Доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор  
Иванович

Леунов  
Владимир

**Официальные оппоненты:**

Доктор сельскохозяйственных наук

Старцев  
Виктор Иванович

Кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент

Иванова  
Мария Ивановна

Ведущая организация: Селекционная станция имени  
Н.Н. Тимофеева

Защита диссертации состоится 23 июня 2011 года в 10  
часов на заседании диссертационного совета Д  
006.022.01 во Всероссийском научно-  
исследовательском институте овощеводства по адресу:  
140153, Московская область, Раменский район, д. Верея,  
стр. 500, Факс (49646) 2-43-64

E-mail: [vniioh@yandex.ru](mailto:vniioh@yandex.ru)

Сайт: [www.vniioh.ru](http://www.vniioh.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
Всероссийского научно-исследовательского института  
овощеводства.

Автореферат разослан – « 23 » мая 2011 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Л.Н. Прянишникова

**Актуальность работы.** В настоящее время все большее внимание уделяется повышению иммунитета человека с помощью витаминов – антиоксидантов различных пищевых добавок. Одним из природных источников соединений антиоксидантов является морковь. Б.И. Сечкарев в 1976 г. предложил классификацию моркови, из которой видно насколько разнообразна окраска корнеплодов моркови в зависимости от содержащихся в них пигментов.

Белая и желтая морковь богаты терпенами, имеющими широкий спектр биологического действия. Желтая морковь содержит лютеин, который не имеет провитаминой активности, но имеет значение для здоровья глаз. За красную окраску корнеплода отвечает пигмент ликопин – это самый мощный антиоксидант из всех каротиноидов. Группа полифенольных пигментов антоцианов отвечает за фиолетовую окраску. Антоциан имеет капилляроукрепляющие и антиоксидантные свойства, кроме того, является безопасным пищевым красителем. Оранжевая окраска корнеплодов обусловлена содержанием  $\beta$  – каротина в хромопластах. Являясь провитамином А, который в организме человека переходит в витамин А, каротин выполняет ряд важных функций. Кроме того  $\beta$  каротин применяется в качестве профилактического средства при болезнях сердца и для повышения иммунитета. На сегодняшний день в мире активно ведется работа по созданию сортов с окраской корнеплодов от белой до темно – пурпурной.

Учитывая высокую биологическую активность витамина А, актуальной остается селекция моркови на повышенное содержание каротина. На сегодняшний

день в Госреестр включены 177 сортов и гибридов, из которых лишь 34 имеют содержание каротина выше 20 мг%.

В России селекционная работа по повышению содержания каротина в моркови столовой ведется во Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства с 1955г. (Квасников Б.В., Жидкова Н.И. и др.), во Всероссийском научно-исследовательском институте селекции и семеноводства овощных культур (Тимин Н.И., Федорова М.И.). В США такая работа ведется учеными с 1989 г. (P. Simon).

В настоящее время предлагаются различные методы определения содержания каротина в моркови - от визуальных до методов биохимического анализа. Методики химических анализов (высокоэффективная жидкостная хроматография, тонкослойная хроматография) позволяют с высокой точностью определить содержание каротина, но требует больших затрат по времени и существенных денежных вложений. Для оценки большого количества селекционного материала с целью выделения наиболее высококаротиновых образцов удобно использовать экспресс - методы, позволяющие существенно сократить время оценки корнеплода. Основным методом для косвенной оценки корнеплода моркови на содержание каротина, предложенный Б.В. Квасниковым (1981) (цветовая шкала окраски среза корнеплода), наиболее широко используется. Но данный метод субъективен, поэтому необходимость в быстром, доступном, а главное, объективном способе оценки корнеплодов моркови по содержанию каротина остается актуальной.

### **Цель и задачи исследований.**

Оценить исходный материал моркови столовой с разнообразной окраской корнеплода по содержанию каротина и разработать экспресс-методику определения содержания каротина.

Исходя из этой цели, были поставлены следующие задачи:

1. Оценить исходный материал моркови столовой по содержанию каротина и основным селекционно-ценным признакам.

2. Выделить образцы с разнообразной окраской корнеплодов для селекционной работы.

3. Разработать экспресс-методику оценки корнеплодов моркови столовой по содержанию каротина.

4. Определить режим минерального питания для получения семян с высокими посевными качествами при принудительном самоопылении с использованием вегетационных сосудов.

5. Выделить генотипы с высоким содержанием каротина в 4 селекционных линиях и получить инбредное потомство.

**Научная новизна.** Из коллекционного материала выделены 13 образцов моркови различной окраски: от белой до интенсивно оранжевой и фиолетовой.

Впервые установлена высокая корреляционная зависимость ( $r=0,90$ ) между отношением  $a/b$  в системе цветов CIE Lab, полученных при сканировании сока моркови, выделенного из продольной половины корнеплода, и содержанием каротина. На основе полученных данных выведено уравнение экспоненциальной зависимости:  $y = 2,36e^{2,11x}$ , где  $x$  –

отношение цветов a/b в системе цветов CIE Lab в изображении, у – содержание каротина.

Разработаны элементы технологии использования продольных половинок корнеплодов моркови в вегетационных сосудах. Определено положительное влияние внесения минеральных удобрений на регулирование наступления цветения. Установлена зависимость качественных показателей семян, полученных при принудительном самоопылении, от варианта минерального питания.

**Практическая ценность.** Для селекции предложены 13 перспективных образцов моркови столовой с окраской корнеплода от белой до фиолетовой.

Для использования в селекционном процессе разработана экспресс-методика оценки содержания каротина в корнеплодах моркови, основанная на уравнении зависимости между окраской сока моркови и содержанием каротина ( $y=2,36e^{2,11x}$ ).

Для получения семян выделившихся генотипов определен оптимальный режим питания половинок корнеплодов в вегетационных сосудах. Этот прием позволяет сократить время прохождения фенологических фаз семенным растением на 7-14 суток и повысить качественные показатели семян.

**Обоснование и достоверность научных положений.** Исследования выполнены по методикам, рекомендованным научными учреждениями страны. Все выводы и предложения подтверждены экспериментальными исследованиями и статистической обработкой данных.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований по теме диссертации, выводы и

предложения были доложены на методических и ученых советах ВНИИО с 2007 по 2010гг, а также на научно – практических конференциях:

на международной научно-методической конференции, посвящённой 130-летию со дня рождения профессора С.И. Жегалова и 80-летию со дня создания лаборатории физиологии и биохимии растений ВНИИССОК;

на VIII Международного симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования», 2009 г.;

на научной конференции по овощеводству и бахчеводству, посвященной 110-летию со дня рождения Квасникова Б.В., 2009г.

**Положения, выносимые на защиту:**

- исходный материал моркови столовой с разнообразной окраской корнеплодов;

- экспресс - методика определения содержания каротина в корнеплодах моркови столовой с использованием сканера;

- параметры минерального питания при выращивании половины корнеплода моркови в вегетационном сосуде для получения качественных семян при проведении принудительного самоопыления.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, 3 глав, 5 выводов, предложений селекционерам, списка использованной литературы, содержащего 124 наименования, в том числе иностранных авторов 65, и 33 приложения. Работа изложена на 160 страницах компьютерного текста, включая 27 таблиц и 16 рисунков.

Автор выражает благодарность д.с.-х. наук, профессору Леунову В.И., к.с.-х.н. Клыгиной Т.Э., к. с.-х. н., доценту Ховрину А.Н., д.с.-х.н., профессору Быковскому Ю.А., д.с.-х.н., профессору Игнатовой С.И., к.с.-х.н. Шайманову А.А., к.с.-х.н. Голубовичу В.С., к. с.-х. н. Ермакову Н.Ф., к. с.-х. н. Ковылину В.М., к. с.-х. н. Ивановой М.И., к. с.-х. н. Елизарову О.А. за помощь в работе и ценные рекомендации в ходе исследований.

### **Методика и условия проведения исследований**

Исследования проводились в 2008-2010 гг. на опытных полях ОПХ «Быково» ГНУ ВНИИ овощеводства.

Материалом для исследования служили: сорта, линии моркови столовой рода *Daucus carota* L. В питомнике исходного материала изучали коллекцию ВНИИО (29 образцов), ВНИИР им. Вавилова (30 образцов); в гибридном питомнике – 2 селекционные фертильные линии: Г-1 и Г-2, 63 гибрида, полученных в результате скрещиваний, проведенных в 2009-2010 гг. Проведены фенологические наблюдения и учеты, морфологические описания, скрещивания, получены семена.

Для получения самоопыленных линий применяли индивидуальные изоляторы конструкции НИИОХ. Непосредственное опыление цветков под изоляторами проводили вручную с помощью ватных дисков в утренние часы.

Размеры и схема размещения делянок по питомникам соответствовали требованиям ОСТ 4671-78 «Этапы селекции овощных культур», Методики полевого опыта (Доспехов Б.А., 1979), Методики

опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве (под ред. Белика В.Ф., 1992).

Посевные качества семян определяли в соответствии с ГОСТом Р 52171-2003. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Доспехову Б.А. (1985) и с помощью компьютерной программы Microsoft Office Excell 2007, Statistica (Боровиков В.П. и др., 2004).

Оценку растений моркови первого и второго года жизни по морфологическим признакам и фенологии развития проводили согласно “Руководству по апробации овощных культур и кормовых корнеплодов” (1982), а также методики ВИР по изучению и поддержанию коллекции овощных растений (1981), Методическим указаниям по использованию ЦМС моркови в создании исходных линий для гетерозисной селекции (1983), Методическим указаниям по селекции сортов и гетерозисных гибридов корнеплодных растений (1987). Выравненность образцов, внешнюю и внутреннюю окраску корнеплодов определяли согласно методике UPOV (1990) по испытанию моркови на отличимость, однородность и стабильность по 9-балльной шкале.

Высота семенников, количество и размер зонтиков первого порядка определяли путем замера 10 растений с делянки в трехкратной повторности. Определяли продуктивность семян с растения взвешиванием семян с 1 зонтика и с 1 растения.

Биохимический анализ корнеплодов на содержание  $\beta$ -каротина проводили методом тонкослойной хроматографии.

Сканирование проводили при помощи офисной техники – сканера модели Epson Perfection 4990 Photo. Анализ цветовой гаммы полученного изображения проводили в программе Photoshop 8.0. Для оценки изображения использовались следующие системы цветов: RGB - система аддитивных цветов, сложением которых получается белый цвет, CMYK – система субтрактивных цветов, которые образуются при вычитании из белого 3-х основных цветов, HSV – цветовая модель, в которой координатами являются: Hue - тон, Saturation - насыщенность, Brightness – яркость, Lab – цветовая модель, наиболее приближенная к человеческому восприятию цвета, в которой Lightness – яркость отделена от хроматических составляющих: а – положение цвета в диапазоне от зеленого до пурпурного, в – от синего до желтого.

Выделение сока из корнеплода моркови осуществлялось с помощью гомогенизатора.

Для получения семенных растений (после анализа по предлагаемой экспресс -методике) половина корнеплода высаживалась в вегетационный сосуд объемом 5 л, заполненный прокаленным песком. Растворы минеральных смесей для подкормки маточников были приготовлены на основе смеси Прянишникова в следующих концентрациях:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  - 2.04 г/л;  $\text{K}_2\text{SO}_4$  - 2.52 г/л;  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  - 6.12 г/л;  $\text{MgSO}_4$ - 1 тубик фиксанала 0,1 н/л ( ).

Подкормка осуществлялась 5 вариантами минерального питания:

1. полив дистиллированной водой (контроль);
2. полное комплексное минеральное удобрение (NPK);

3. удвоенное содержание азотного удобрения на фоне полного комплексного (2NPK);
4. удвоенное содержание фосфорного удобрения на фоне полного комплексного (N2PK);
5. удвоенное содержание калийного удобрения на фоне полного комплексного (NP2K).

## **Результаты исследований**

### **1.1 Оценка исходного материала моркови столовой на содержание каротина в корнеплодах.**

В задачи исследований входила оценка исходного материала моркови столовой, имеющей разнообразную окраску корнеплодов (от белой до фиолетовой).

Изучение проявления морфологических и селекционно-ценных признаков позволили сформулировать основные требования к созданию линий и сортов моркови столовой, разработать их модели, которые представлены в таблице 1.

В соответствии с классификатором ВНИИРа весь исходный материал был разделен на следующие группы по содержанию каротина:

1. низкое – от 0 до 10 мг%;
2. среднее – от 10 до 15 мг%;
3. высокое – от 15 до 20 мг%;
4. очень высокое – от 20 мг% и выше.

Таблица 1 – Модели для создания сортов и линий моркови столовой

Признаки	Модель сорта	Модель линии
Число листьев, шт	$\geq 10$	7-8
Высота розетки, см	35-40	30-35
Доля ботвы в общей массе растения, %	$\geq 25$	18-25
Форма корнеплода	коническая	коническая слабосбежистая с тупым концом
Окраска мякоти корнеплода	Белая (1-2мг% каротина) Желтая(2-4мг% каротина) 3.Розовая 4.Фиолетовая с белой /оранжевой сердцевинной	Темно-оранжевая ( $\geq 20$ мг% $\beta$ -каротина)
Отношение сердцевинны к общему диаметру корнеплода	1:2	1:3
Длина корнеплода, см	15-20	15-20
Наибольший диаметр корнеплода, см	3,0 – 4,0	2,5-3,5
Средняя масса корнеплода, г	80-100	100-120
Поверхность корнеплода	Ровная поверхность с мелкими чечевичками	
Выровненность, балл	6	8

К **первой группе** с низким содержанием  $\beta$ -каротина (от от 0 до 10 мг%) были отнесены 40 образцов, имеющих окраску корнеплода от белой до оранжевой. Для удобства анализа внутри данной группы были выделены 3 подгруппы, в которые вошли образцы сходные по окраске корнеплода:

*с белой окраской корнеплода:* выделены 2 перспективных образца Large white Belgium (США) и Long white (США), с содержанием каротина 1,78 и 1,59мг%, соответственно. Образцы имеют конусовидную форму корнеплода, высокий балл выровненности, количество чечевичек среднее и их размер средний, средний процент сердцевины – 46-65 %.

*с желтой окраской корнеплода:* выделен образец Местная (Узбекистан) с содержанием каротина 2,58мг%, имеющий форму корнеплода в виде укороченного конуса массой около 65 г, высокую выравненность по форме, небольшую сердцевину – 23 %, количество чечевичек среднее и их размер мелкий.

*со светло-оранжевой окраской корнеплода:* выделен образец Royal Shantaney (США) с содержанием каротина 9,95мг%, имеющий укорочено-конусовидную форму корнеплода массой около 140 г, высокую выровненность по форме и среднего размера сердцевину – 50%, количество чечевичек среднее и их размер средний.

Ко **второй группе** были отнесены 13 образцов моркови столовой с оранжевой окраской корнеплода, содержащие от 10 до 15 мг%  $\beta$ -каротина.

Интерес для дальнейшей селекционной работы среди данных образцов представляют New Kuroda (Япония), SK4-31-6 (Япония), П-46 (Германия). Образец New Kuroda (Япония) имеет удлинненно конусовидную форму корнеплода массой около 80 г, высокую выровненность по форме, среднего размера сердцевину – 39% и содержит около 13мг% каротина, небольшое количество чечевичек и их размер мелкий. Доля ботвы в

общей массе растения составляет 18%. Образец SK4-31-6 (Япония) имеет форму корнеплода в виде удлиненного цилиндра массой около 40-50 г, высокую выровненность по форме, небольшую сердцевину – 30% и, среднее количество чечевичек и их размер средний содержит около 13 мг% каротина. Доля ботвы в общей массе растения составляет 13 %. Образец П-46 имеет удлиненно конусовидную форму корнеплода массой около 40 г, розовую окраску флоэмы и ксилемы, высокую выровненность по форме, имеет небольшую сердцевину – 18%, среднее количество чечевичек и их размер средний и содержит около 10,3 мг% каротина. Доля ботвы в общей массе растения составляет 13%.

К **третьей группе** было отнесено 6 образцов с интенсивно оранжевой окраской корнеплода, содержащие от 15 до 20мг% β-каротина.

Интерес для дальнейшей селекционной работы представляют Амстердамская (Нидерланды) и П-47 (Германия). Образец Амстердамская имеет форму корнеплода в виде удлиненного цилиндра массой около 50 г, высокую выровненность по форме, среднего размера сердцевину – 22%, среднее количество чечевичек и их размер средний и содержит около 16мг% каротина,. Доля ботвы в общей массе растения составляет 15%. Образец П-47 имеет удлиненно конусовидную форму корнеплода массой около 50 -60 г, фиолетовую окраску флоэмы и оранжевую - ксилемы, высокую выровненность по форме, имеет среднего размера сердцевину – 28 %, среднее количество чечевичек и их размер средний и содержит около 16 мг% каротина,. Доля ботвы в общей массе растения составляет 13%.

К **четвертой группе** были отнесены 3 образца с интенсивно оранжевой окраской корнеплода, содержащие выше 20 мг% каротина.

Перспективными для дальнейшей селекционной работы являются образцы селекции ВНИИО: НИИОХ 336, Лосиноостровская 13, Витаминная 6. Все они относятся к сорто типу Берликум:

НИИОХ 336 имеет среднюю массу корнеплода около 90 г, высокую выровненность по форме, небольшую сердцевину – 27 %, большое количество чечевичек и их размер средний и содержит 21,4 мг% каротина. Доля ботвы в общей массе растения составляет 48 %.

Лосиноостровская 13 имеет среднюю массу корнеплода 100 г, высокую выровненность по форме, имеет среднего размера сердцевину - 30 %, большое количество чечевичек и их размер средний, содержит 21,0 мг% каротина,. Доля ботвы в общей массе растения составляет 44 %.

Витаминная 6 имеет среднюю массу корнеплода около 100 г, высокую выравненность по форме, среднего размера сердцевину – 37 % и содержит 21,9 мг% β-каротина большое количество чечевичек и их размер средний. Доля ботвы в общей массе растения составляет 46 %.

Все вышеперечисленные образцы использованы в селекционной работе. Проведены семейственный отбор с целью повышения содержания β-каротина в сортопопуляциях и самоопыление для получения линий с высоким содержанием β-каротина.

Таким образом, в четырех группах были выделены 13 перспективных образцов моркови. Данные

сортообразцы выровнены по форме, по цветовой гамме представляют спектр цветов от белого до фиолетового и по форме корнеплода - от конуса до цилиндра.

## **1.2 Разработка экспресс-метода определения содержания каротина в корнеплодах моркови столовой**

Для ускорения процесса оценки селекционного материала на содержание каротина в корнеплодах моркови столовой разрабатывался экспресс-метод его определения.

Тестовой для определения направления исследования стала методика оценки корнеплодов моркови путем сравнения окраски экстракта каротина с растворами дихромата калия разной концентрации (20 вариантов растворов  $K_2Cr_2O_7$ ), каждый из которых был налит в стеклянную чашку Петри высотой слоя 1 см, полученные изображения обработаны с помощью программы Photoshop 8.0. В каждом изображении были определены интенсивности составляющих параметров 4-х цветовых систем: RGB, CMYK, HSV, Lab. С помощью программы Microsoft Office Excell 2007 полученные данные были обработаны и подсчитаны коэффициенты корреляции.

Наибольшие коэффициенты корреляции: в системе цветов **RGB** наблюдаются при соотнесении интенсивности синего цвета (Blue) с содержанием каротина (-0,96) при уровне достоверности ( $r^2=0,92$ ); в системе цветов **HSV** - при соотнесении показателя «насыщенность» (S) с содержанием каротина (0,97), при высоком уровне достоверности ( $r^2=0,94$ ); в системе цветов **CIELab** - при соотнесении показателя «b» с

содержанием каротина (0,97), что также подтверждается высоким значением показателя достоверности ( $r^2=0,96$ ); в системе цветов **СМУК** - при соотношении содержания количества желтого цвета (Yellow) с содержанием каротина (0,93) при уровне достоверности 0,97.

Таким образом, анализ изображений растворов с разной концентрацией  $K_2Cr_2O_7$  позволил сделать вывод о существенной зависимости между окраской моркови при сканировании корнеплода и содержанием в нем каротина.

Первым этапом при разработке экспресс – метода стало сканирование продольной половины корнеплода моркови. В данном опыте были использованы 207 корнеплодов моркови различной окраски. Половина корнеплода срезом помещалась на стекло сканера и производилось сканирование. Параллельно у этих образцов было определено содержание каротина. Затем, между полученными данными от двух вариантов исследований (сканирование и химический анализ) была определена корреляционная зависимость (таблица 2).

Таблица 2 – Корреляционная зависимость между данными сканирования среза половинки корнеплодов и содержанием в  $\beta$ -каротина.

	RGB	Red	Green	Blue
Коэффициент корреляции	-0,61	-0,06	<b>-0,67</b>	-0,13
$r^2$	0,64	0,02	<b>0,75</b>	0,06

Между суммой цветов в изображении (RGB), зеленым цветом (Green) и содержанием каротина

наблюдается высокий коэффициент корреляции равный -0,61 и -0,67,соответственно. Ввиду того, что коэффициент достоверности в 1-м случае 0,64, а во втором – 0,75, то в уравнениях, полученных при установлении данных зависимостей, будет возникать большая погрешность. Поэтому нами была продолжена работа и возобновлены поиски способов сканирования.

В.К.Андрющенко и др.(1991) пришли к выводу, что среднее содержание каротина, соответствующее такому в целом корнеплоде, находится в диске моркови толщиной 1,5 см, отрезанном на 3см выше кончика корнеплода. Ввиду того, что поверхность среза половинки корнеплода представляет собой довольно широкую гамму оттенков, был поставлен опыт сканирования диска, предложенного В.К.Андрющенко в двух вариантах: анализ полученного изображения диска полностью и без выделения сердцевинки. Аналогично вышеизложенным опытам по сканированию, были определены коэффициенты корреляции между интенсивностью цветов в полученном изображении и содержанием каротина в дисках (таблица 3).

Таблица 3 - Коэффициенты корреляции между интенсивностью цветов в полученном изображении и содержанием  $\beta$  – каротина в дисках.

Вариант сканирования	RGB	Red	Green	Blue
Диск без выделения сердцевинки	-0,19	0,14	-0,32	<b>-0,36</b>
$r^2$	0,08	0,04	0,15	<b>0,14</b>
Диск полностью выделенный	-0,20	0,16	-0,34	<b>0,36</b>
$r^2$	0,07	0,03	0,16	<b>0,13</b>

Средние значения коэффициентов корреляции в обоих случаях наблюдаются между интенсивностью синего цвета и содержанием каротина (-0,36), но очень низкие значения уровней достоверности свидетельствуют о большой погрешности данного способа сканирования.

Следующим этапом стало использование в анализе изображения 3 систем цветов: CMYK, Lab, HSV.

Данные по 89 образцам, полученные в системе цветов RGB при сканировании среза половины корнеплода, были переведены в системы цветов CMYK, Lab, HSV и определен коэффициент корреляции между полученными показателями и содержанием  $\beta$ -каротина. При сканировании дисков белых и желтых образцов (1 группа) наблюдается отрицательная корреляция между показателем H (оттенок) и положительная между показателем S (насыщенность) и содержанием каротина: -0,74 и 0,73, соответственно, при средних уровнях достоверности (0,55 и 0,69, соответственно), а наиболее высокие коэффициенты корреляции внутри группы оранжевых корнеплодов (2 группа) и корнеплодов всего спектра окрасок (3 группа) наблюдаются между показателем «a» в системе Lab и содержанием  $\beta$  – каротина (0,59 и 0,82), но ввиду низких значений показателей достоверности будет наблюдаться погрешность. Полученные данные не позволяют использовать данный метод в качестве основы для методики.

Американскими исследователями, изучающими зависимость окраски морковного сока от содержания суммы каротиноидов, были получены уравнения,

отражающие эту зависимость. С помощью колориметра были получены значения  $a$  и  $b$  и рассчитано их соотношение ( $a/b$ ), вычислено содержание  $\alpha$  и  $\beta$  – каротиноидов, а затем получено уравнение зависимости:  $y = -27,411x + 180,90$ , при коэффициенте корреляции  $r = 0,79$ .

Учитывая положительный результат, полученный американскими исследователями, нами был проведен подобный опыт.

С помощью гомогенизатора из корнеплодов моркови был выделен сок и в образце определено содержание каротина. Для того, чтобы сохранить корнеплод, показавший высокое содержание каротина, через гомогенизатор для получения сока пропускалась одна продольная половина корнеплода. Далее сок наливался в два варианта стандартных чашек Петри: стеклянную и пластиковую, которые помещались на стекло сканера высотой слоя сока 1 см. Полученное изображение обрабатывалось в системе RGB и Lab (показатели  $a$  и  $b$  и отношение  $a/b$ ). Между показателями сканирования и содержанием  $\beta$ -каротина было определен коэффициент корреляции (таблица 4).

В варианте с использованием пластиковой чашки Петри наибольший коэффициент корреляции наблюдался между показателями изображения  $a/b$  и содержанием  $\beta$  – каротина (0,71), но уровень достоверности говорит о большой погрешности ( $r^2 = 0,58$ ). Во втором варианте – между отношением  $a/b$  и содержанием  $\beta$  – каротина (0,90).

Таблица 4 - Коэффициент корреляции между показателями изображения сканирования сока в двух вариантах чашек Петри и содержанием  $\beta$ -каротина.

Вариант сканирования	RGB	Red	Green	Blue	Lab		
					a	b	a/b
Пластиковая чашка Петри	0,45	0,53	-0,02	-0,16	0,65	046	0,71
$r^2$	0,23	0,35	0,08	0,06	0,54	0,24	0,58
Стеклянная чашка Петри	-0,30	0,71	-0,70	-0,43	0,78	-0,23	<b>0,90</b>
$r^2$	0,28	0,56	0,78	0,30	0,86	0,05	<b>0,92</b>

Полученные данные были обработаны с помощью программы Microsoft Office Excell 2007 и получен график и соответствующее ему уравнение.

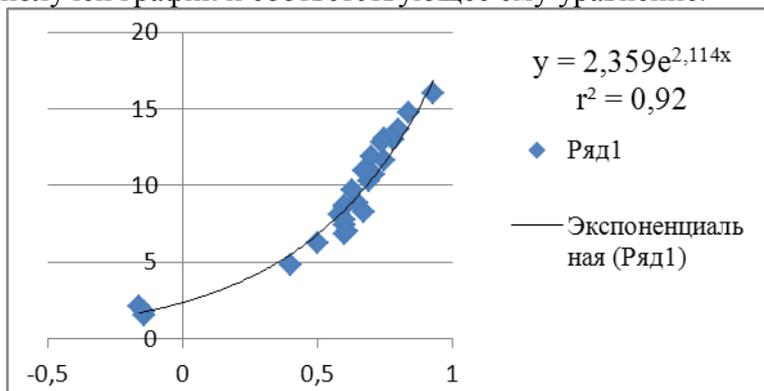


Рисунок 1 – Графики зависимости между отношением показателей a/b и содержанием  $\beta$ -каротина в соке из половины корнеплода с использованием стеклянной чашки Петри.

Представленный на рисунке 1 график, свидетельствует о том, что при подстановке данных в

уравнение, полученное при соотнесении отношения показателей  $a/b$  и содержанием  $\beta$ -каротина в соке из половины корнеплода с использованием стеклянной чашки Петри, будет наблюдаться относительно небольшая погрешность с достоверностью 0,92.

Таким образом, получено уравнение экспоненциальной зависимости между отношением параметров  $a/b$  цветовой системы CIELab, полученных при анализе изображения высотой сока 1,0 см в стеклянной чашке Петри, и содержанием  $\beta$ -каротина в корнеплоде:  $y = 2,36e^{2,11x}$ , где  $x$  – значение отношения параметров  $a$  к  $b$  системы цветов CIELab,  $y$  – содержание каротина в исследуемом образце,  $e$  – экспоненциальная постоянная 2,73.

Сравнительная характеристика методов определения каротина: спектрофотометрического и предлагаемого экспресс-метода, показала, что получаемые результаты оценки содержания каротина двумя методами расходятся незначительно (до 7 %), лишь иногда достигая 12%.

Сравнительный хронометраж методов определения каротина показывает, что продолжительность проведения анализа по предлагаемому методу сокращается в 2,3 раза за счет снятия операций по экстракции каротинов.

Предлагаемый экспресс-метод позволяет выявить образцы с повышенным содержанием  $\beta$ -каротина на первых этапах селекционного процесса, увеличить оцениваемый объем выборки и ускорить отбор новых линий с улучшенным биохимическим составом и хозяйственно-ценными признаками.

### 1.3 Изучение элементов селекционной технологии получения семян выделенных генотипов из продольной половины корнеплода моркови.

При разработке экспресс метода оценки корнеплодов моркови на содержание каротина был сделан вывод о возможности использования для селекции продольной половины корнеплода. При обнаружении высокого содержания каротина в корнеплоде данный генотип может быть сохранен для селекции. Для определения оптимальных условий при выращивании семенного растения из половины корнеплода нами был поставлен вегетационный опыт.

При проведении данной работы (2008-2010 гг.) были использованы две фертильные линии, с которыми ведется работа в лаборатории селекции корнеплодов ВНИИО. Корнеплоды данных линий относятся к сорто типу Берликум / Нантская.

Отбор корнеплодов проводился по нескольким критериям: выровненность материала по морфологическим признакам, доля сердцевины не более  $\frac{1}{3}$  общего диаметра корнеплода, высокое содержание  $\beta$ -каротина.

Таблица 5 – Содержание  $\beta$ -каротина в маточных корнеплодах двух фертильных линий, 2009-2010 гг.

Линии	Содержание $\beta$ -каротина, мг%			
	2009 г	$C_v, \%$	2010 г	$C_v, \%$
Г-1	18,40	24,5	18,19	23,0
Г-2	23,54	20,5	13,84	25,3

Отобранный материал используется в селекционной работе, ведется отбор и поэтому он

относительно выровнен по содержанию  $\beta$ -каротина (таблица 5). Однако, значения коэффициентов вариации выше 20% свидетельствуют о высокой степени изменчивости признака и о необходимости работы с линиями по данному признаку.

Выровненность корнеплодов двух линий по признаку «диаметр корнеплода» высокая, что подтверждается значениями коэффициента вариации, не превышающими 13,05%. Коэффициент вариации по признаку размер сердцевины свидетельствует также о средней степени изменчивости данного признака у линии Г-1 (11,72%) и средней степени изменчивости у линии Г-2 (16,62%).

С момента высадки маточников до срезки центрального зонтика были проведены фенологические наблюдения и биометрические измерения. Во время фазы цветения проведено принудительное самоопыление.

Фенологические наблюдения за развитием семенного растения фертильной линии Г-1 (таблица 6) под влиянием минеральных удобрений показали, что на стадии отрастания существенных отличий от варианта с поливом дистиллированной водой (контроль) не отмечено. Объясняется это использованием собственных запасов питательных веществ корнеплода для начала формирования семенного куста.

Кроме того, на данном этапе развития маточный корнеплод имеет слабо развитую корневую систему. Стадия стеблевания существенно позже наступила при подкормке двойным N2PK– задержка относительно полива водой составила 4 суток.

Таблица 6 – Фенология семенного растения фертильной линии Г-1 в зависимости от варианта минерального питания (2009-2010 гг.), сутки

Вариант минерального питания	Продолжительность от высадки до				
	отрастания	стеблевания	бутонизации	цветения	срезки центрального зонтика
Вода дистиллированная (контроль)	4,0	29,2	43,8	55,1	91,3
НРК	3,8	27,2	36,6	49,8	83,7
2НРК	4,0	26,9	43,4	53,5	88,7
N2PK	3,8	33,9	40,2	50,3	87,9
NP2K	4,0	27,7	47,4	55,7	92,1
НСР <sub>05</sub>	0,1	2,9	4,1	2,7	3,3

На стадии бутонизации наиболее эффективным оказалась подкормка НРК – уменьшение относительно контроля составило 7 суток. Цветение семенных растений фертильной линии Г-1 при поливе водой составило 55 суток, а полив НРК и N2PK сократили период до наступления цветения до 50 суток. Ускорение наступления цветения привело к более раннему созреванию центрального зонтика: контроль – на 91 сутки, комплексное удобрение – на 84 сутки.

У линии Г-2 также были проведены фенологические наблюдения и биометрические измерения (таблица 7).

Фенологические наблюдения за развитием семенного растения фертильной линии Г-2 под влиянием минеральных удобрений показали, что на

стадии отрастания существенных отличий от варианта с поливом водой (контроль) не отмечено.

Таблица 7 – Фенология семенного растения фертильной линии Г-2 в зависимости от варианта минерального питания (2009-2010 гг.), сутки

Вариант минерального питания	Продолжительность от высадки до				
	отрастания	стеблевания	бутонизации	цветения	срезки центрального зонтика
Вода дистиллированная (контроль)	5,0	45,5	53,2	65,2	102,7
NPK	3,8	32,4	48,0	60,1	95,6
2NPK	3,8	31,9	45,5	57,8	93,0
N2PK	4,2	32,7	37,9	51,5	87,0
NP2K	4,0	30,9	44,4	54,0	89,0
HCP <sub>05</sub>	0,5	6,1	5,6	5,3	6,2

На наступление стадии стеблевания существенно повлияли все варианты минеральных подкормок, сократив период от посадки до начала стеблевания на 8-10 суток относительно полива водой. На стадии бутонизации наиболее эффективным оказалась подкормка N2PK – уменьшение относительно контроля составило 15 суток. Цветение семенных растений фертильной линии Г-2 при поливе водой составило 65 суток, а полив N2PK и NP2K сократили период до наступления цветения до 52 и 54 суток, соответственно. Ускорение наступления цветения привело к более раннему созреванию центрального зонтика: контроль – на 103 сутки, N2PK – на 87 сутки и NP2K – на 89 сутки.

Результаты исследований показывали, что внесением минеральных подкормок можно регулировать наступление цветения, ускорять созревание центрального зонтика.

Биометрические измерения семенных растений фертильной линии Г-1 (таблица 8) показали, что минеральные подкормки влияют на основные параметры семенного растения. Высота семенного куста при подкормке NPK и NP2K существенно больше по сравнению с поливом водой на 20 и 14 см, соответственно. Внесение минеральных удобрений не оказало влияния на тип семенного куста. При подкормке вариантами минеральных удобрений N2PK и NP2K, наблюдается увеличение диаметра центрального зонтика (по сравнению с контролем) на 2,5 и 1,8 см, соответственно, и средний диаметр зонтиков первого порядка на 0,7 и 0,8 см.

Масса 1000 семян изменялась под влиянием внесения минеральных подкормок: при поливе водой – 0,96 г, а при внесении N2PK, NP2K и NPK наблюдается увеличение на 0,34, 0,29 и 0,24 г с растения, соответственно. Кроме того, при внесении N2PK, 2NPK существенно повышается всхожесть семян на 15 и 10 %, соответственно.

Таким образом, увеличение диаметра центрального зонтика до 6,8 см, числа зонтиков первого порядка до 4 шт., диаметра зонтика первого порядка до 4,6 см привели к более высокой продуктивности (0,43 г с растения) при поливе N2PK. Кроме того, в данном варианте были и более крупные семена (масса 1000 семян 1,30 г). Аналогичная ситуация наблюдалась в

варианте с внесением NP2K – продуктивность с одного растения составила 0,30 г.

Таблица 8 – Биометрические показатели в зависимости от варианта минерального питания фертильной линии Г-1 (2009-2010 гг.).

Вариант минерального питания	Высота семенника, см	Диаметр центр. зонтика, см	Число зонтиков в 1 пор., шт	Диаметр зонтиков 1 пор., см	Масса 1000 семян, г	Продуктивность, г/растения	Всхожесть, %
Вода-контроль	63,3	5,0	3	3,8	0,96	0,17	73
НРК	83	5,5	2	3,2	1,20	0,18	78
2НРК	70	4,5	2	4,0	1,04	0,15	83
N2PK	60,3	6,8	4	4,6	1,30	0,43	87
NP2K	77	7,5	3	4,5	1,25	0,30	80
НСР <sub>05</sub>	9,8	1,3	1,0	0,6	0,11	0,11	5,2

Варианты минеральных подкормок N2PK и NP2K, позволяют получить около 350 семян и 250 семян с растения, соответственно.

Биометрические измерения семенных растений фертильной линии Г-2 (таблица 9) показали, что минеральные подкормки влияют на основные параметры семенного растения. Высота семенного куста при подкормке минеральными удобрениями существенно не отличалась от контроля (полива дистиллированной водой), лишь в варианте N2PK высота семенного куста была меньше контроля на 22 см.

При внесении НРК у фертильной линии Г-2 наблюдался 4 тип семенного куста, а в остальных 5 вариантах - третий. При подкормке вариантами минеральных удобрений, содержащими удвоенное

количество калия, фосфора и азота на фонах полного комплексного удобрений, наблюдается увеличение диаметра центрального зонтика (по сравнению с контролем) на 1,7, 2,0 и 1,7 см, соответственно.

Средний диаметр зонтиков первого порядка в вариантах с внесением N2PK и NP2K увеличился по сравнению с контролем на 1,3, 1,2 и 2,4 см. Масса 1000 семян фертильной линии Г-2 существенно не изменялась под влиянием внесения минеральных подкормок. Кроме того, при внесении N2PK, 2NPK, NP2K существенно повышалась всхожесть семян на 11, 8 и 9 %, соответственно.

Таким образом, увеличение диаметра центрального зонтика до 7,8 см, диаметра зонтика первого порядка до 4,6 см привели к более высокой продуктивности (0,40 г с растения) при поливе N2PK. Масса 1000 семян составила 1,09 г с растения. При внесении полного комплексного удобрения семенной куст фертильной линии Г-2 имел 4 тип ветвления с наибольшим диаметром зонтиков 1 порядка (5,7 см), масса 1000 семян составила 1,02 г, что обусловило продуктивность с одного растения - 0,38 г.

Варианты минеральных подкормок: N2PK и NPK позволяют получить около 370 семян с растения при принудительном самоопылении.

В целом, вариант минерального питания N2PK для линий Г-1 и Г-2 наиболее оптимален: масса 1000 семян составила 1,09 – 1,30 г, продуктивность – 0,40 - 0,43 с растения, всхожесть – 81 -87 %.

Таблица 9 – Биометрические показатели в зависимости от варианта минерального питания фертильной линии Г-2 (2009-2010 гг.).

Вариант минерального питания	Высота семенника, см	Диаметр центр. зонтика, см	Число зонтиков в 1 порядке, шт	Диаметр зонтика в 1 порядке, см	Масса 1000 семян, г	Продуктивность г/растения	Всхожесть, %
Вода-контроль	76,0	5,8	4	3,3	0,98	0,27	70
NPK	78,6	-	4	5,7	1,02	0,38	72
2NPK	76,0	7,5	4	3,7	0,89	0,32	78
N2PK	54,7	7,8	4	4,6	1,09	0,40	81
NP2K	78,7	7,5	3	4,5	0,85	0,23	79
HCP <sub>05</sub>	11,6	0,2	0,6	0,8	0,11	0,08	4,7

Таким образом, при внесении минеральных подкормок под семенное растение, полученное из половины корнеплода, оставшегося после анализа, можно получить полноценные семена при самоопылении, а затем и корнеплоды с целью дальнейшего отбора на повышенное содержание каротина.

Также были оценены на содержание каротина линии моркови, столовой, с которыми ведется селекционная работа во ВНИИО (таблица 10).

Данные образцы используются в селекционном процессе. В соответствии со схемой гибридизации для создания гибрида Звезда F1 были проведены скрещивания: 1585Пх1585В, самоопыление линии 753. В 2010 г получены семена от скрещиваний линий с повышенным содержанием β-каротина, которые будут использованы для дальнейшей селекционной работы.

Таблица 10 – Оценка линий моркови столовой на содержание каротина (2009 – 2010 гг.).

Название линии	Содержание каротина, мг%	Cv, %	Длина корнеплода, см	Cv, %	Среднее вина, %	Cv, %	Диаметр корнеплода, см	Cv, %	Выравненность
REW	18,7	21,2	22,0	15,6	47,0	11,5	3,3	12,4	7
Г-67	13,8	25,2	18,0	18,9	40,0	26,6	2,5	8,4	7
1585П	14,3	26,9	19,6	21,3	54,0	25,9	3,5	9,3	7
1585В	20,5	19,4	19,4	19,1	46,0	12,5	3,8	6,6	7
753	20,4	17,0	18,2	14,2	35,0	21,7	3,3	20,0	8

Анализ полученного потомства по содержанию каротина между стерильной линией 1585П и закрепителем стерильности 1585В позволил выделить наиболее перспективные комбинации: 1585П-1x1585В-2, 1585П-2x1585В-1. У данных комбинаций наиболее высокое среднее содержание каротина (20,3 и 20,8мг%) и среднее значение коэффициента вариации (11,2 и 13,8%), что позволяет использовать эти комбинации в скрещивании с фертильной линией.

Результат анализа инбредного потомства линии 753 показал, что наиболее перспективными являются варианты 753-4 и 753-5. Данные образцы имеют наиболее высокие средние значения содержания каротина (20,3 и 21,0мг%) и средние значения коэффициента вариации (15,6 и 21,1%). Размах варьирования данного признака позволяет предположить, что при дальнейшей селекционной

работе с линией 753 есть возможность выделить образцы с содержанием каротина выше 25мг%.

Также была проведена работа по выделению и инцухтированию корнеплодов с повышенным содержанием  $\beta$ -каротина у фертильной линии REW, имеющей ценность в качестве одной из родительских линий гибрида Топаз. Среднее значение содержания  $\beta$ -каротина в исходной линии 18,7мг%, но после проведенного самоопыления в корнеплодах поколения  $I_1$  содержание каротина снизилось в среднем на 28% (5,3мг%). Литературные данные объясняют данный факт началом инбредной депрессии.

Анализ поколения  $I_1$  по коэффициенту варьирования признака «содержание  $\beta$ -каротина» позволяет выделить перспективные линии, из которых будут отобраны корнеплоды с высоким содержанием  $\beta$ -каротина. Это образцы: REW 4, REW 6, REW 10, REW 15, у которых максимум предела варьирования достигал значений превосходящих 20мг%, что соответствует поставленной нами задаче. Данные перспективные образцы имеют конусовидную форму корнеплода с тупым кончиком, среднюю долю сердцевины относительно всего диаметра корнеплода (35-40%) и низкие коэффициенты варьирования по признакам «длина корнеплода», «наибольший диаметр».

Таким образом, проведенные исследования позволили выделить перспективные комбинации 1585П-1х1585В-2, 1585П-2х1585В-1, 753-4 и 753-5, REW 4, REW 6, REW 10, REW 15. Выделенные образцы имеют высокую степень выровненности по основным селекционно-ценным признакам корнеплода.

## Выводы:

1. На основании изучения 59 коллекционных образцов по содержанию каротина весь исходный материал был разделен на 4 группы, внутри которых выделены 12 перспективных образцов моркови:

в первой группе 4 образца:

с *белой окраской* корнеплода - Large white Belgium (США) с содержанием каротина 1,8мг%, Long white (США) с содержанием каротина 1,6мг%;

с *желтой окраской* корнеплода - Местная (Узбекистан) с содержанием каротина 2,6мг%;

со *светло-оранжевой окраской* корнеплода - Royal Shantaney (США) с содержанием каротина 9,9мг%;

во второй группе 3 образца:

с *оранжевой окраской* корнеплода - New Kuroda (Япония) с содержанием каротина 12,5мг% и SK4-31-6 (Япония) с содержанием каротина 12,9мг%;

с *розовой окраской* корнеплода – П-46 с содержанием каротина 10,3мг%;

в третьей и четвертой группах 5 образцов:

с *интенсивно оранжевой окраской* корнеплода - Амстердамская (ВНИИО) с содержанием каротина 15,9мг%, НИИОХ 336 (ВНИИО) с содержанием каротина 21,4мг%, Лосиноостровская 13 (ВНИИО) с содержанием каротина 21,0мг%, Витаминная 6 (ВНИИО) с содержанием каротина 21,9мг%;

с *фиолетовой корой и оранжевой сердцевиной* – образец П-47 с содержанием каротина 15,5мг%.

2. Разработанный экспресс-метод позволяет выявить образцы с повышенным содержанием  $\beta$ -каротина на первых этапах селекционного процесса,

увеличить оцениваемый объем выборки и ускорить отбор новых линий с улучшенным биохимическим составом и хозяйственно-ценными признаками. Он основывается на уравнении экспоненциальной зависимости между отношением параметров  $a/b$  цветовой системы CIELab, полученных при анализе изображения сока толщиной 1,0 см в стеклянной чашке Петри, и содержанием  $\beta$ -каротина в корнеплоде:  $y = 2,3595e^{2,1143x}$ .

3. Определено положительное влияние внесения минеральных подкормок на наступление цветения. Ускорение созревания центрального зонтика двух фертильных линий составляет 7 – 16 суток при поливе комплексным удобрением и двойным фосфорным удобрением на фоне полного комплексного относительно полива дистиллированной водой.

4. Установлено, что вариант минерального питания N2PK для линий Г-1 и Г-2 наиболее оптимален: масса 1000 семян составила 1,09 – 1,30 г, продуктивность – 0,40 - 0,43 с растения, всхожесть – 81 -87%. Таким образом, при внесении минеральных подкормок семенное растение, полученное из половины корнеплода, оставшейся после анализа корнеплода предлагаемым экспресс - методом на содержание каротина, позволяет получить полноценные семена, а затем и корнеплоды с целью дальнейшей селекции на повышенное содержание каротина.

5. Выделены перспективные комбинации 1585П-1х1585В-2, 1585П-2х1585В-1 с наиболее высоким средним содержанием каротина 20,30 и 20,76 мг%, соответственно. Результат анализа инбредного потомства фертильной линии 753 показал, что наиболее

перспективными являются образцы 753-4 и 753-5 с содержанием каротина 20,3 и 21,0 мг%. Анализ поколения I<sub>1</sub> линии REW по коэффициенту варьирования признака «содержание β-каротина» позволяет выделить перспективные образцы REW 4, REW 6, REW 10, REW 15, у которых среднее содержание каротина составило 16,4, 18,6, 16,3, 17,0 мг% каротина, соответственно. Значения размаха варьирования данного признака у селекционных образцов позволяет предположить наличие в популяции корнеплодов с содержанием каротина выше 20 мг%. Выделенные образцы имеют высокую степень выровненности по основным селекционно-ценным признакам корнеплода.

#### **Рекомендации селекционерам**

1. Разработанный экспресс-метод оценки коллекционного и селекционного материала моркови на содержание каротина позволяет получить объективные показатели, которые можно использовать при селекции моркови столовой на высокое содержание каротина в корнеплодах. Этот метод позволяет значительно сократить время при оценке корнеплодов на содержание каротина в сравнении с существующими методами, используемыми в настоящее время.
2. Предложен режим минерального питания (N2PK) семенных растений в вегетационных сосудах, выращенных из половинок корнеплодов моркови, способствующий сокращению периода вегетации на 15-20% и получению качественных семян при принудительном самоопылении.

### **Публикации по теме диссертации.**

1. Калачёва А.В. Разработка методики экспресс-анализа корнеплодов моркови в селекции на повышении содержание каротина/А.В. Калачёва, В.И.Леунов, А.Н. Ховрин, Т.Э. Клыгина// Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции овощных, плодово-ягодных и лекарственных растений: материалы Международной научно-методической конференции, посвящённой 130-летию со дня рождения профессора С.И. Жегалова и 80-летию со дня создания лаборатории физиологии и биохимии растений.- ВНИИССОК.-М., 2011.– С.150-154.
2. Калачева А.В. Разрабатываем методику экспресс-анализа корнеплодов моркови в селекции на повышение содержания каротина/ А.В.Калачева, В.И.Леунов, А.Н.Ховрин, Т.Э.Клыгина, А.А. Шайманов // Картофель и овощи.- 2010, №7.- С. 23 - 25.
3. Калачева А.В. Изучение влияния доз и видов минеральных удобрений на синхронизацию развития семенных растений моркови столовой, используемых в селекционном процессе/А.В.Калачева, В.И.Леунов, А.Н.Ховрин, Т.Э.Клыгина // Овощеводство: сборник научных трудов. - Т.17.- Минск, 2010. – С.79-84.
4. Калачева А.В. Разработка методики экспресс-анализа содержания каротина в корнеплодах моркови столовой./А.В.Калачева, В.И.Леунов, А.Н.Ховрин, В.С.Голубович, Н.Ф.Ермаков, Г.В.Никольская // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы VIII Международного симпозиума. – РУДН. - т.III – М., 2009 г.– С. 92-94.
5. Леунов В.И. Развитие методических указаний Б.В. Квасникова в селекции моркови столовой/ В.И.Леунов,

А.Н.Ховрин, Т.Э.Клыгина, Р.А.Багров, Л.М.Соколова, А.В.Калачева// Научные труды по овощеводству и бахчеводству к 110-летию со дня рождения Квасникова Б.В. – ВНИИО. - М.,2009. – С.267-275.

6. Калачева А.В. От белой до фиолетовой: оценка столовой моркови по окраске корнеплодов/ А.В.Калачева, В.И.Леунов, А.Н.Ховрин, Т.Э.Клыгина // Картофель и овощи. – 2011.- №7.- С. 24 - 25.

7. Калачева А.В.Изучение влияния параметров технологических приемов выращивания на ускорение селекционного процесса моркови столовой в защищенном грунте/А.В.Калачева// Гавриш. -2011. - №3.- С.18 – 20.