

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГОРОДСКИХ ТЕПЛИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВ

Андрей Опрышко, Николай Пасичник

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Украина, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15

Аннотация. Проведен анализ существующих методов и технических средств для определения параметров объекта на базе его оптических характеристик. Предложена методика по выявлению грибков мучнистой росы на растениях розы с применением цифрового фотоаппарата без использования дополнительных физических оптических эталонов.

Ключевые слова: система, робототехничность, метод, средство.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Продовольственные кризисы, которые все чаще возникают в современном мире, заставляют задуматься о повышении продуктивности сельского хозяйства в целом и растениеводства в частности. Одним из перспективных путей решения продовольственной проблемы есть применение технологий закрытого грунта, малочувствительных к погодным условиям. В Европе основные потребители сконцентрированы в мегаполисах, а потому было бы логично создавать тепличные хозяйства в непосредственной близости к ним. Но высокая цена земли около крупных городов требует больших первоначальных капиталовложений, кроме того, найти подходящий земельный участок не так просто. Возможным решением является создание теплиц на крышах жилых и административных зданий, этому способствуют готовая инфраструктура по снабжению энергией и водой, упрощение транспортировки готовой продукции потребителям. Для территорий с умеренным и суровым климатом размещение теплиц на крыше особо актуально, исходя из вопросов энергоэффективности, так как непосредственно в них можно выводить отработанный в жилых помещениях воздух с повышенной концентрацией CO₂. При этом,

без применения сложных и дорогих рекуператоров, используется энергия, уже израсходованная на нагрев воздуха в здании. Важно, что выработанный в здании углекислый газ будет поглощен растениями, а не выброшен в атмосферу, что способствует охране окружающей среды и подпадает под требования Киотского протокола.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящий момент существуют две основные технологии закрытого грунта: на базе гидропоники и с использованием обычной земли. По нашему мнению, в городах при создании теплиц на крышах зданий, более востребованными будут технологии обычного грунта, которые, помимо получения сельхозпродукции, позволят для возврата в грунт элементов питания использовать и пищевые отходы, утилизация которых является одной из проблем городов. Но при работе с обычным грунтом необходимо принять меры по борьбе с вредителями, грибковыми заболеваниями, несвойственными при применении гидропоники. Квалифицированный обслуживающий персонал способен визуально выявить многие заболевания, но вредные условия труда приводят к повышению его стоимости,

а главное – к ухудшению состояния здоровья персонала. Повысить рентабельность производство возможно при применении автоматизации производства и, особенно, внедрении робототехнических комплексов. Такие разработки уже начали внедряться, так в США роботы собирают апельсины [1], в Японии созданы полностью робототизированные теплицы по выращиванию земляники [2, 3], в Голландии созданы роботы для сбора огурцов [4]. Относительно небольшие габариты теплиц на крышах зданий делают перспективными разработку малогабаритных робототехнических комплексов для внесения удобрений, опрыскивания, транспортировки грузов и т.д.

Одним из наиболее востребованных производств, где могут использоваться роботы, являются розарии, специфика которых подразумевает, кроме повышенной влажности и температуры, дополнительный фактор – наличие колючек на растениях. Цветы являются достаточно серьезным бизнесом, с годовым оборотом до 30 миллиардов долларов [5]. Развитие его в Восточной Европе перспективно, поскольку основные производства сосредоточены в Кении, Голландии, Малайзии, Китае, то есть территориально отдалены. Кроме того, рост цен на нефть и, соответственно, транспортировку сделает рентабельными местное производство, учитывая даже большие финансовые и трудовые затраты.

В розариях очень важен вышеупомянутый контроль состояния растений. Очень важно не допустить внешних повреждений, особенно грибковыми заболеваниями. Одним из наиболее опасных среди последних является мучнистая роса. Стандартно, для борьбы с ней применяется интенсивное внесение ядохимикатов, что необходимо минимизировать для теплиц в городской черте. В тоже время, своевременное выявление этой болезни позволит не допустить её распространения и обойтись без распыления серосодержащих препаратов. Исходя из этого, разработка методики бесконтактного выявления заболевания розы по её оптическим параметрам, для использования в

подвижных робототехнических системах, представляется актуальной.

Анализ имеющихся методик для бесконтактного определения состояния растения. Использование оптических свойств растений для экспресс оценки их состояния начало внедряться с начала 80-х годов, в связи с появлением доступных цифровых измерительных устройств. Существующие методики можно условно разделить на использующие спектрометры или фотометры, а также устройства с использованием твердотельных датчиков с зарядовой связью формата RGB.

Для оценки механических повреждений растений или конечной продукции, как правило, используют спектрометр, действующий в инфракрасном диапазоне [6,7]. Аналоговая информация от спектрометра, через аналогово-цифровой преобразователь, поступает для обработки в вычислительный блок. Фактически эти методы базируются на отражении или поглощении инфракрасного излучения. Мучнистая роса является грибковым заболеванием розы, и в начальной стадии, когда её выявление особо актуально, маловероятно произойдет изменение инфракрасного поглощения или отражения растения. Кроме того, в уже проведенных экспериментах [6,7] в поле зрения спектрометра были исключительно исследуемые образцы, в нашем же случае там могут оказаться и посторонние предметы (грунт, конструкционные элементы и т.д.).

Определение состояние растения непосредственно в полевых условиях используется в системах точного земледелия. На данный момент серийно выпускается оборудование, способное в полевых условиях распознать состояние растения, такое как Green Seeker RT200, Green Seeker Hundro Agri, Hundro Agri Miniveg N, Hundro Agri N-Sensor [8-11]. Анализ технических решений показывает, что разработчики решали две основные проблемы: стабилизацию начальных условий при измерениях и отсеивание заведомо ошибочных результатов. Стабилизация начальных параметров заключалась в организации контролируемого освещения

образцов. Так Green Seeker RT200 та Hundo Agri Miniveg N используют собственные, независимые источники освещения, а Hundo Agri N-Sensor постоянно фиксирует внешнее освещение при помощи специального датчика. Исходя из этого, по нашему мнению, при создании робототехнического комплекса будет целесообразно задействовать дополнительный источник освещения, и в этом случае робот сможет работать и в ночное время.

Приведенное оборудование предназначено для внесения азотных удобрений, принцип распознавания образа основан на зависимости цвета растения от количества в нем азота, и рабочее излучение находится в диапазоне 600-900 нм. Анализ плотности насаждений выполнялся на базе алгоритма отброса ошибочных участков, соответствующих грунту, кластер при этом достигает размера до 1м². Для мучнистой росы этой точности недостаточно, кроме того цвет грибков мучнистой росы может быть схожим со строительными конструкциями, что внесет дополнительные погрешности при измерениях. Измерение оптических параметров объектов так же проводилось [12-15] при помощи стандартных приборов, таких как КФК-3-01, ЛМФ-72М, Ар700, MiniDirect Tintometer Ltd. Но это оборудование использовалось в условиях лаборатории, а не на движущемся агрегате непосредственно в рабочих зонах. Таким образом, по нашему мнению, использование спектрометров при создании робота для розария мало перспективно.

В США и Японии разработаны робототехнические комплексы для уборки апельсинов и земляники соответственно [1,2]. При уборке урожая несколькими фотокамерами проводилась схема, на базе которой создавалась 3Д модель, и на её основе проводился сбор урожая. Но и апельсины, и земляника имеют сравнительно большие габариты, и их цвет резко отличается от листвы и прочих объектов в саду или теплице, и поэтому нет необходимости в калибровке фото или web камер.

В работах В.В.Филатова [16] для

контроля упаковочного материала использовалась цветовая модель в формате RGB. При помощи теории мутной среды и метода поточного приближения Шустера, в случае появления несвойственных для упаковки составляющих цвета выносилось решение о браке. Но на проверочном стенде, в отличие от теплицы, легко стабилизировать начальные условия. Проведенный литературный анализ позволил найти несколько использующих цветовые модели RGB прототипов, созданных непосредственно для полевых исследований. В работах Сурина В.Г. [17], Булыгина С.Ю. и др. [18,19-21] приведено методика, основанную на использовании различных цифровых фотоаппаратов и фотометров типа ПИФ-М, но все они для контроля освещения использовали различные, зависимо от задачи, оптические эталоны: черной, белый, прозрачный и т.д. Все эталоны размещались непосредственно около исследуемого образца и в обязательном порядке должны были быть в пределах одного снимка, причем их площадь была не менее 50%. В приведенных работах эталон использовался для калибровки фотоаппарата при помощи штатного экспонометра. Создание эталона для робототехнической системы возможно, но технические и эксплуатационные трудности (поддержание эталона в рабочем состоянии, его перемещение среди растений без повреждения и т.п.) представляются значительными. По нашему мнению, использование оптического эталона нецелесообразно и для калибровки нужно разработать иные решения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Калибровку по освещению для робототехнического комплекса было предложено выполнить по образцу глаза. В зависимости от яркости освещения зрачок глаза меняется в размерах – при необходимости лучше рассмотреть дальний объект глаза прищуривают, то есть меняют количества света, попадающего на глазницу. Для проведения исследований было принято решение использовать цифровую фотокамеру как устройство, позволяющее

легко варьировать параметры съемки, и обладающее встроенным источником освещения. Варьировать количество излучения, попадающего на сенсор, можно изменением как времени экспозиции, так и числа диафрагмы. Обработку результатов осуществляли с помощью специально

разработанного программного продукта Expert (рис. 1). Для автоматизированной обработки данных информацию о принятом значении времени экспозиции, числе диафрагмы брали из метаданных, которые автоматически включаются в файл формата JPEG.

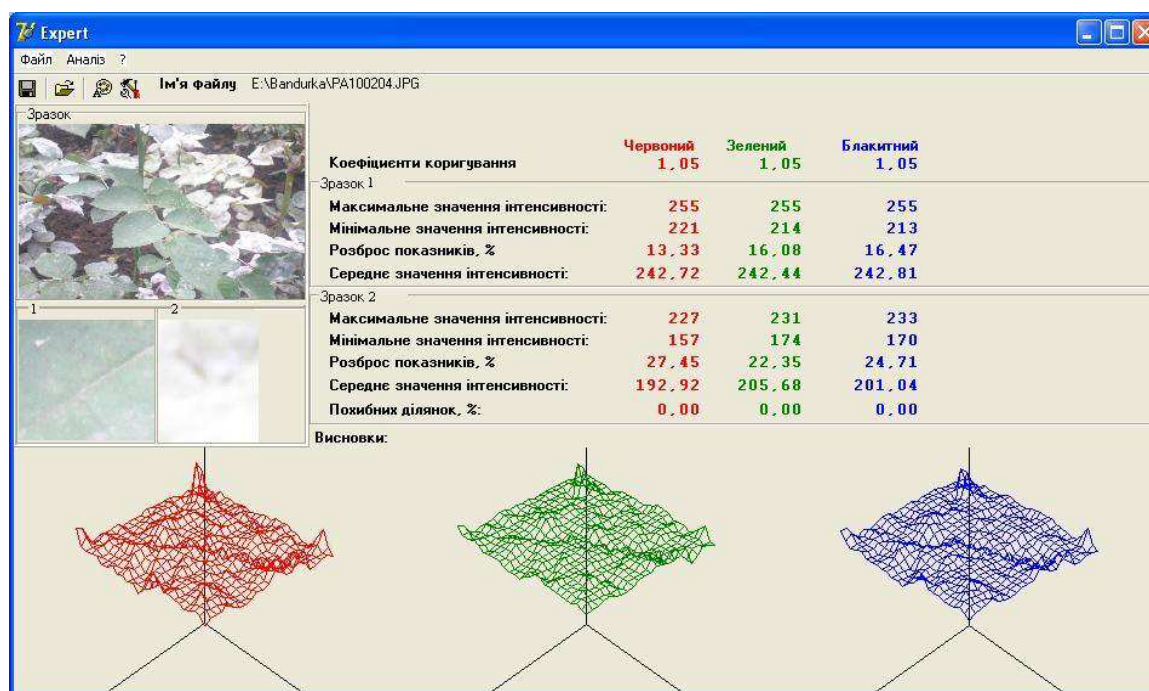


Рис. 1. Рабочее окно программы Expert

Экспериментальные исследования проводились на базе тепличного хозяйства ботанического сада Национального университета биоресурсов и природопользования Украины. Несколько кустов роз было высажено в отдельном парнике, изолированно от остальных растений. Заражение осуществляли путем инокуляции молодых листиков вытяжкой из мицелия мучнистой росы, полученной из частного сада. Исследование было поставлено таким образом, чтобы больное и здоровое растения находились в пределах одного кадра (рис. 1). Исследование проводились днем и вечером при включенных газонаполненных лампах накаливания. Дополнительное освещение организовывалось использованием штатной вспышки фотоаппарата Olympus FE120.

На рисунке 2 показаны данные, полученные при корректировке экспозиции фотоаппарата. Они свидетельствуют о наличии зависимости, особенно для синей и зеленой составляющих. В тоже время,

необходимо отметить, что в эксперименте зараженная мучнистой росой роза находилась в крайне плохом состоянии, и её лечение было бесперспективным. Для производства же важно рассматривать среднее значение показателя интенсивности для листа на начальных стадиях заболевания. Мучнистая роса получила свое название благодаря характерным комочкам белого цвета, напоминающим муку. Разрешающая способность современных фотоаппаратов и web камер превышает несколько миллионов точек и, таким образом, есть возможность выделить непосредственно грибки на поверхности листа. Был предложен следующий алгоритм:

1. Определение показателей RGB всех исследуемых точек (соответствующих листьям и стеблю растения);
2. Вычисление среднего значения для каждой составляющей;
3. Отсев точек, значение показателей RGB которых отличается от среднего по листу более чем на определенный процент (в

дальнейшем эти точки будут называться значениями.
ошибочными);

4. Повторное вычисление среднего

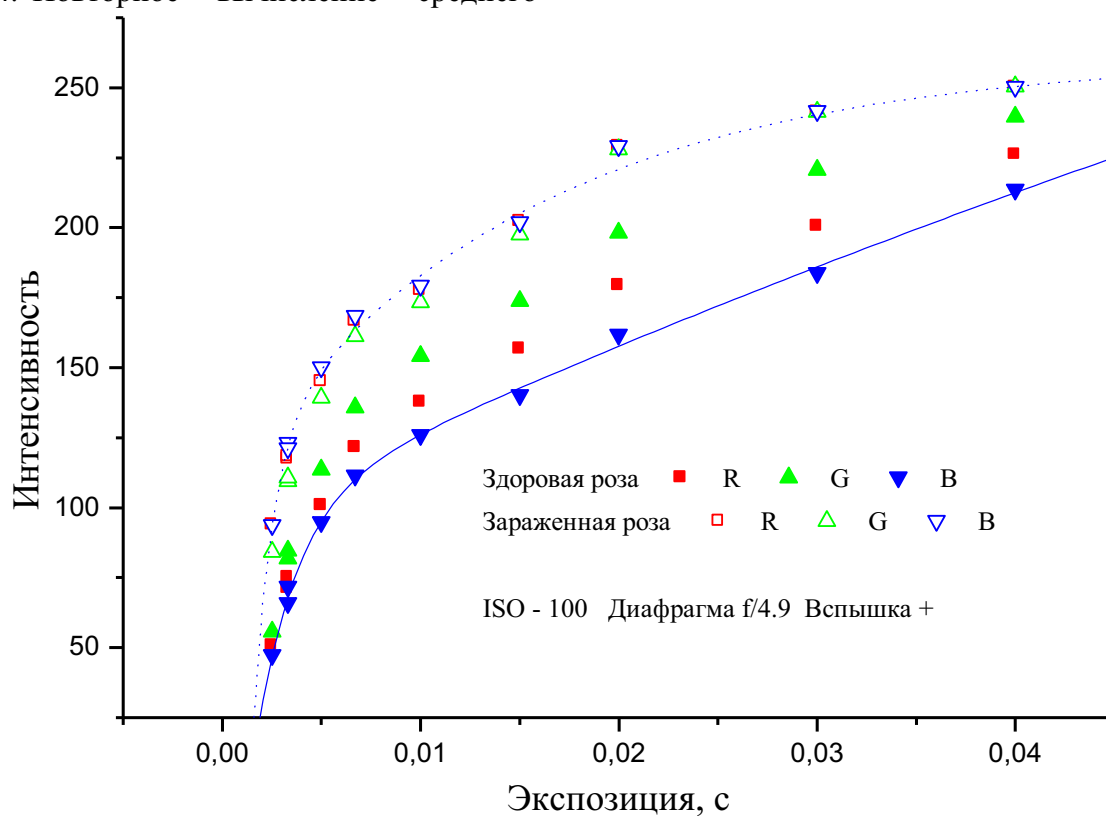


Рис. 2. Зависимость составляющих RGB от времени освещения фотоматрицы для здоровой и зараженной роз

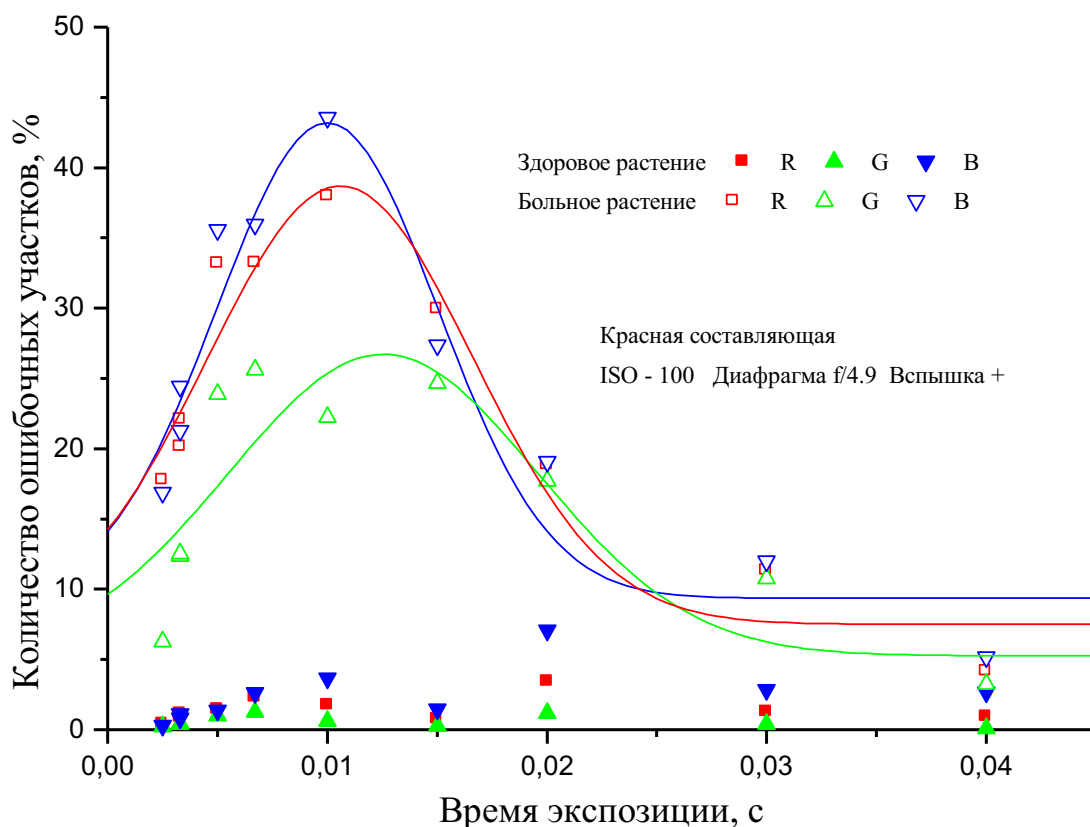


Рис. 3. Зависимость количество ошибочных участков от времени экспозиции

При дополнительных калибровочных исследованиях было установлено что, при допустимом отклонении от среднего на 10%, процент отсеянных участков для здорового растения не превышает 3. В дальнейшем исследования проводили именно при этом значении. Полученные результаты представлены на рис. 3. Для больного растения, зависимость количества ошибочных участков от времени экспозиции описывалась функцией Гаусса, с максимумом при времени экспозиции в 0,01

с. Приблизительно это время экспозиции определялось встроенным экспонометром фотоаппарата. Наибольшая разница значений RGB у синей и красной составляющих.

Для уточнения оптимального времени экспозиции, при выявлении мучнистой росы было проведено дополнительное исследование, посвященное оптическим параметрам растений, на которые выпал конденсат. Полученные результаты представлены на рис.4.

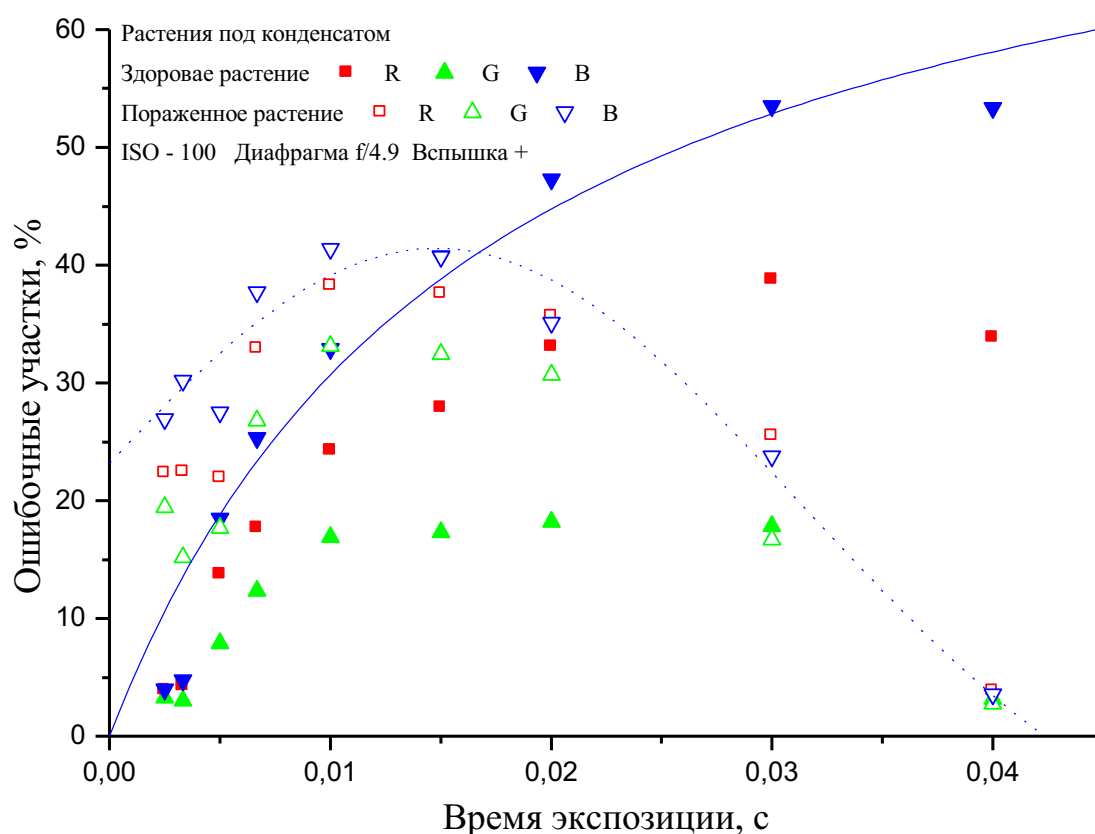


Рис. 4. Зависимость количество ошибочных участков от времени экспозиции при наличии конденсата

Как видно из приведенных данных, если для зараженного растения характер зависимости не изменился, то у здорового растения увеличение экспозиции вызывает гиперболический рост количества ошибочных участков. При коррекции экспозиции в большую сторону относительно рассчитанного фотоаппаратом, количество ошибочных участков на здоровом растении может превысить аналогичный параметр растения с мучнистой росой. По нашему мнению, это связано с блеском осевших на растение

капель конденсата.

ВЫВОДЫ

Исходя из полученных результатов, были сделаны следующие **выводы**:

1. Выявление мучнистой росы на розе целесообразно проводить исходя из количества участков, отличающихся от среднего значения по листу более чем на 10%;
2. Исследования целесообразно проводить по красной и синей

составляющим аддитивной модели RGB;

3. Оптимальное время экспозиции 0,0025 – 0,01 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bestimmung des Ernahrungszustandes von Mais (*Zea mays* L.) mit Hilfe optischer Methoden. Mitt.der Ges.fur Pflanzenbauwiss.. - Giessen, 1999; Bd.12. – S. 91–92.
2. Study on strawberry harvesting robot. Pt 2. Images based identifications of strawberry barycenter and plucking position / Zhang Tiezhong, Chen Libing, Song Jian. J.China Agr.Univ., 2005; Vol.10, N 1. – P. 48–51.
3. Yamamoto S.; Hayashi S.; Yoshida H.; Kobayashi K. Development of a Stationary Robotic Strawberry Harvester with Picking Mechanism that Approaches Target Fruit from Below Pt 3. Performance Test with a Movable Bench System J. Japan. Soc. Agr. Mach., 2010; Vol. 72, N 5. – P. 479–486, 2010
4. http://glorfindel.mavrillac.com/~aaron/school/pdf/vanhenten03_cucft.pdf
5. Глорер К., Буркхард Г. Цветущий бизнес. ГЕО. №12(165), 2011. – С. 40–60.
6. Lu R.; Cen H.; Huang M.; Ariana D.P. Spectral absorption and scattering properties of normal and bruised apple tissue. Transactions of the ASABE / Amer. soc. of agriculture and biol. engineering. - St. Joseph (Mich.), 2010; Vol.53, N 1. – P. 263–269
7. Алтухов И.В., Очиров В.Д. Анализ методов и средств определения оптических и терморadiационных характеристик сахаросодержащих корнеплодов. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – Барнаул, 2010; N 3. – С. 68–72.
8. Радченко С.С. Радченко Н.С. Изменения оптических свойств листьев растений в ближнем инфракрасном диапазоне излучения. Продукционный процесс растений: теория и практика эффективного и ресурсосберегающего управления. – Санкт-Петербург, 2009. – С. 315–316.
9. Зыков С.П. Метод ранней диагностики интенсивности роста и засухоустойчивости листовых древесных растений [Использование оптических свойств растений]. Изв.вузов.Лесн.журн., 2003; N 6. – С. 24–28.
10. <http://www.croppro.ca/technology/greenseeker.html>
11. Ямалеева А.А.; Сакаева А.Г.; Ямалеев А.М.; Талипов Р.Ф. Исследование действия индукторов устойчивости на биометрические показатели, оптические свойства и лектины растений ячменя. Итоги биологических исследований 2004 / Башкир. гос. ун-т. Уфа, 2004; Вып. 8. – С. 60–66.
12. Беденко В.П. Работы Г.А. Тихова в изучении оптических свойств растений: (К истории исследований фотосинтеза в Казахстане). Изв. АН КазССР. Сер. биол., 1990; Т. 4. – С. 85–88.
13. Lee D.W.; Patel S.L. Leaf and canopy optical properties of five winter crops in Maharashtra, India. Trop. Agr., 1987; Т. 64. N 4. - p. 329-332.
14. Heilman J.L.; Kress M.R. Effects of vegetation on spectral irradiance at the soil surface. Agron. J, 1987; Т. 79. N 5. - p. 765-768.
15. Philipp R. Phasentrennung reduziert.Flussiges Obst, 1999; Jg.66,N.10. – S. 586–587.
16. Филатов В.В. Азизов Р.Р. Методы определения оптических свойств материалов [Пищевые покрытия]. Хранение и перераб.сельхозсырья, 2009; N 7. – С. 40–43.
17. Сурин В.Г. Метод определения оптических характеристик листьев в полевых условиях [На примере березы]. Лесоведение, 2001; N 2. - С. 70–75.
18. Булигін С.Ю., Гайбура Н.А., Опришко О.О., Бідолах Д.І. Визначення умісту гумусу в ґрунті неконтактним методом. Вісник аграрної науки. – К. – 2005. - №4. – С. 34–37.
19. Булигін С.Ю. Опришко О.О., Андріішина М.В. Експрес-методика визначення умісту гумусу в ґрунті на базі цифрового апарату. Актуальні питання електрифікованих технологій АПК та прикладної біофізики. ЕТБР – 2010: матер. Міжвуз. Наук. – практ. конф. м.Мелітополь, 9-12 червня 2010 р./ М-во аграрної політики України. Мелітополь : Люкс, 2010. С. 35–36
20. Freudenthal A. M. 1950. The inelastic behavior of engineering materials and structures

/ A. M. Freudenthal, John Wiley and Sons, Inc.,
– 587.

21. Nowacki W. 1963. Teoria pelzania /
W Nowacki. – Arkady, – 170.

DETERMINATION OF DEFORMATION OF
POLYMERIC TAPE IN THE PROCESS OF
PACKING

Summary. An analysis is conducted and basic dependences which give an opportunity to set deformations of polymeric tape depending on tensions are expounded, and also to take into account them during planning of machines and equipment, which carries out the wrapper bale of silage.

Key words: deformation, tension, polymeric tape, pressurizing of bale wrapper, creep.