

НАУЧНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЯГОД СЕМЕЙСТВА БРУСНИЧНЫХ

Развитие производительных сил и ускоренная урбанизация привели к трансформации земельных угодий, мелиорации болот, интенсификации лесного хозяйства, что вызвало резкое сокращение площадей дикорастущих зарослей ягодников и других пищевых растений, значительное снижение заготовок и сдачи их государству. Так, если за период 1960-1965 гг. в среднем, ежегодно, заготавливалось по 9 тыс. т клюквы, то к 1980 году этот показатель снизился до 0,03 тыс. т, а в настоящее время клюква практически исчезла как хозяйственный продукт. Почти прекратились заготовки и других брусничных (голубики, брусники) / 1 /. Работы, проводимые на протяжении нескольких последних десятилетий по изучению биологии видов брусничных, их экологии, закономерностей развития, показали возможность плантационного выращивания в республике дикорастущих ягодников. Однако, как считают исследователи / 1; 2 /, окультуривание естественных зарослей, меры охранного порядка не являются радикальными в решении ягодной проблемы. Акцент, в первую очередь, должен делаться на культуры, отличающиеся от местных аборигенных растений высокой урожайностью, обладающие свойствами, позволяющими максимально механизировать процесс их выращивания.

В поиске возможностей стабилизации ресурсов ягод, растущих по потребностям народного хозяйства в продуктах их переработки, определен реальный и эффективный путь -- выращивание культур на промышленной основе. Такому выводу способствовали экологобиологические исследования, проводимые в республике под руководством чл.-корр. Академии наук Беларуси Сидоровича Е.А. "Первенцем" определен "*exanthelcus*", североамериканский вид крупноплодной клюквы, для успешного культивирования которого оказались уникальными условия влажных районов Белорусского Полесья, позволяющие максимально реализовать генетическому потенциалу продуктивности интродукента / 3 /.

Для выращивания рекомендовано шесть сортов крупноплодной клюквы, размер ягод которых достигает по наибольшему измерению 20 мм, а урожайность 25 т/га / 2 /.

Одно из основных требований для развития культуры -- теплообеспеченность района / 2; 4 /. Так, для созревания раннеспелых сортов крупноплодной клюквы требуется в среднем 2400°C тепла, позднеспелых - 2500°C и выше, а продолжительность вегетационного периода

составляет соответственно 150 и 167 дней / 2 /. Урожай значительно снижается, когда среднемесячное выпадение осадков в мае-августе менее 50 или более 100 мм / 2 /.

Важное значение для механизированного сбора ягод имеют их физико-механические свойства, которые выгодно отличают культуру крупноплодная клюква от других: коэффициент относительной прочности ягод равен 0,91; критическая высота падения ягод на металлическую поверхность - 0,8 м, деревянную до 1 м; индекс формы (Г) изменяется в зависимости от сорта от 1 до 1,2. Условием повышенной эффективности работы машин является и высокая урожайность плантации, что также присуще этой культуре.

Обеспечение рынка Республики Беларусь ягодной брусничной продукцией имеет важное и социальное значение. В плодах брусничных, особенно в крупноплодной клюкве, кроме наличия богатого комплекса биологически активных соединений, витаминов, ряда кислот, микро- и макроэлементов, содержится большое количество пектина, отличающегося защитными свойствами по отношению к радиоактивным металлам и образующего с ними (стронцием, цезием, свинцом и др.) соединения, которые не перевариваются и выводятся из организма человека / 2 /, что особенно актуально для населения Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС.

С перспективой превращения промышленного клюквоводства в самостоятельную отрасль растениеводства Правительством республики было принято Постановление (№ 259 от 22.08.1986 г.) "Об организации в Белорусской ССР промышленного производства крупноплодной клюквы".

Разработке технологии (в т.ч. средств механизации) для выращивания крупноплодной клюквы в условиях РБ, не имеющей аналогов в отечественной и европейской практике промышленного ягодоводства, предшествовали специальные испытания БелМИС зарубежных образцов машин. В результате только для четырех машин из 13, косилки, хедеров для обрезки горизонтальных побегов и уборочному, а также граблей для расчесывания растительности было рекомендовано воспроизвести конструкцию с использованием прогрессивных ее элементов и компоновочной схемы / 5; 6 /.

Создание отечественных образцов техники с учетом рационального использования накопленного мирового опыта, а также имеющегося в республике потенциала по разработке энергетических средств -- основа для промышленного производства ягод. В связи с этим разработка научных основ выполнения технологических процессов выращивания кустарничковых брусничных культур в условиях РБ на примере отдельного вида, исследование процессов в реальных условиях эксплуатации тех-

ники представляет собой научно-техническую проблему, имеющую важное народнохозяйственное и социальное значение.

Исследованиями установлено, что наиболее качественно операция посадки (вдавливания) черенков кустарничковых культур выполняется дисками, внутрь которых заходят секционные катки, препятствующие вырыванию почвы и обжимающие вдавленные растения / 7 /. Известно, что для закладки плантаций используются черенки длиной 15...20 см / 2 /. Ориентация черенка на поверхности почвы зависит от ряда факторов и носит случайный характер. При этом вдавленным в почву может быть тот черенок, который лежит под каким-то углом к линии движения диска (рис.1).

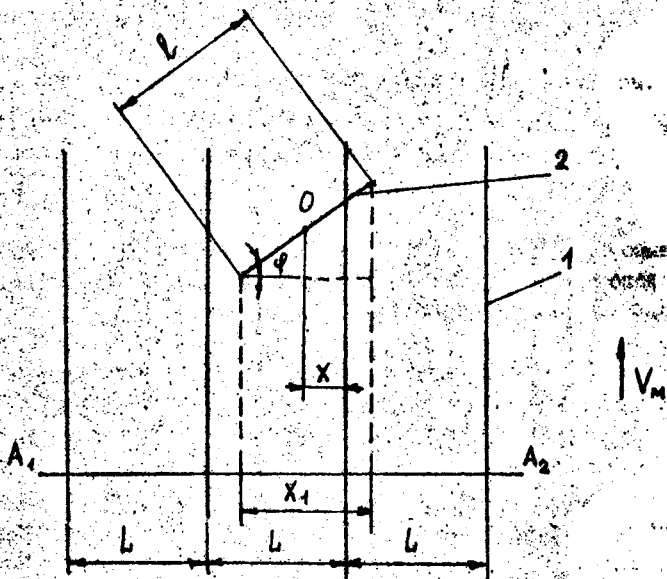


Рис.1. Схема посадки (вдавливания) черенков при одном проходе машины:
1 - линия движения диска машины;
2 - положение черенка

Выражения (1)...(4), полученные опираясь на теории вероятностей, позволяют прогнозировать качество заделывания черенков в почву при различных технологических схемах посадки, различных характеристиках черенков и рабочего органа

$$P_I = 2 \frac{\ell}{L \cdot \pi}, \quad \text{при } L > \ell \text{ и } K = 1, \quad (1)$$

$$P_I = \frac{2}{L \cdot \pi} \cdot (L \cdot \arccos \frac{L}{\ell} + \ell - \sqrt{\ell^2 - L^2}), \quad \text{при } L < \ell \text{ и } K = 1, \quad (2)$$

$$P_{II} = 4\ell \frac{L \cdot \pi - \ell}{L^2 \cdot \pi^2}, \quad \text{при } L > \ell \text{ и } K = 2, \quad (3)$$

$$P_{II} = 2 \left[\frac{2}{L \cdot \pi} \cdot (L \cdot \arccos \frac{L}{\ell} + \ell - \sqrt{\ell^2 - L^2}) \right] - \\ - 2 \left[\frac{2}{L \cdot \pi} \cdot (L \cdot \arccos \frac{L}{\ell} + \ell - \sqrt{\ell^2 - L^2}) \right]^2, \quad \text{при } L < \ell \text{ и } K = 2, \quad (4)$$

где ℓ - длина черенка; L - расстояние между дисками машины; K - количество проходов машины (один или два взаимно-перпендикулярных); P_I и P_{II} - вероятности заделывания черенков в почву соответственно при одном и двух проходах машины;

Экологоэкономическая эффективность механизированного химического способа ухода за плантациями кустарниковых ягодных культур рассчитывается с точки зрения окупаемости произведенных затрат, которые в свою очередь зависят от расхода, цены и негативных последствий в стоимостной оценке применяемого препарата; затрат на приготовление, транспортировку и внесение рабочего раствора; затрат, связанных с определением остаточного содержания микроколичеств гербицида в ягодах и расходов на исследование подверженных воздействию гербицида природных объектов; расходов на уборку и доработку сохраненного урожая; накладных расходов и уровня рентабельности производства. Все эти затраты должны компенсироваться стоимостью сохраненного урожая, то есть

$$P_j \geq (Z_r + Z_y) \cdot K_n \cdot Y_p, \quad (5)$$

где P_j - порог денежных затрат на использование гербицидов, который должен покрываться сохраненной экологически чистой продукцией, руб/га; K_n - коэффициент накладных расходов; Y_p - минимально необходимый уровень рентабельности; Z_r - затраты на применение гербицида, руб/га; Z_y - расходы на уборку и доработку сохраненного урожая, руб/га.

Для определения границы эффективности применения гербицида используется следующее выражение /8/.

$$y \gg \frac{K_n \cdot y_p \cdot (C_n + P_n + 3z_{c-x})}{(1 - V_G) \cdot K_S \cdot K_{o.y.} \cdot (C - P_y \cdot K_n \cdot y_p)} \quad (6)$$

где C_n - стоимость используемого препарата; P_n - затраты на приготовление, транспортировку и внесение рабочего раствора; 3_{c-x} - затраты на санитарно-химический анализ ягод и исследование других объектов; V_G - коэффициент вариации величин, влияющих на урожайность; K_S - коэффициент биологической эффективности препарата; $K_{o.y.}$ - коэффициент относительной урожайности культуры; C - цена урожая; P_y - приведенные затраты на уборку урожая.

$$K_{o.y.} = \frac{K_{o.y.}}{1 - V_G} \quad (7)$$

где $K_{o.y.}$ - коэффициент экологической устойчивости культуры.

После химической обработки сорняков и их высыхания производится их скашивание и измельчение косилкой-измельчителем.

Технологией выращивания кустарничковых брусничных культур предусматривается два способа уборки - "сухой" и на воде, выбор и соотношение которых определяются возможностями хозяйства, а также перспективой сбыта полученной ягодной продукции. На производственных плантациях большую часть урожая (95...97%) убирают водным способом, сбивая ягоды специальным хедером. Для целей хранения и реализации свежих ягод рекомендуется использовать "сухую" уборку. Установлено, что основная масса ягод отделяется от побегов при ударном воздействии прутков, которые, пригибая плодоносящие побеги, скользят вдоль их и ударом отрывают ягоды. Незначительная часть "слабозакрепленных" ягод отделяется вследствие воздействия потока воды, создаваемого прутковым барабаном, однако, в целом, этот процесс не является характерным. Схема силового взаимодействия закрепленной на побеге ягоды и прутка барабана показана на рис.2.

Скорость удара прутка хедера V об ягоду, обеспечиваемого ее отрыв от побега, находится из выражения

$$V = \frac{P_{max} \cdot t \cdot \sin \epsilon}{2 \left[m_y + \frac{1}{4} m_n + \frac{J \cdot \cos \alpha}{L^2 \cdot \cos(\alpha + \beta)} \right] \cos \beta} \quad (8)$$

где P_{max} - сила отрыва ягоды от побега; t - продолжительность контакта соударяемых тел; ϵ - угол отклонения побега от

вертикали; $m_я$ - масса ягоды; $m_п$ - масса побега; J - момент инерции ягоды относительно начала координат O ; α - угол наклона силы удара к горизонту; L - длина побега.

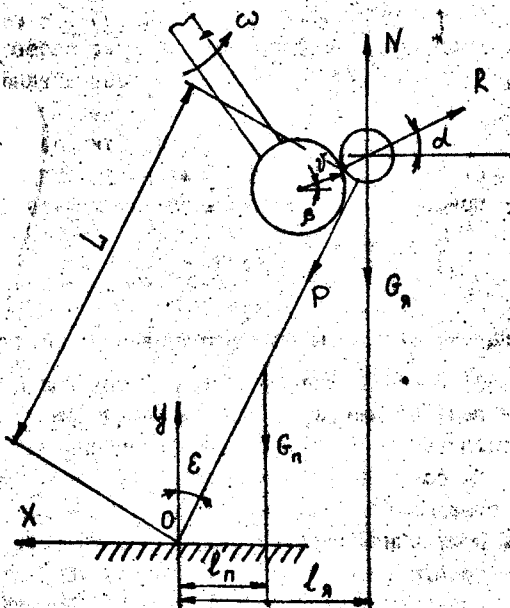


Рис.2. Схема силового взаимодействия закрепленной на побеге ягоды и прутка барабана

После сбивания ягод производится их выборка из воды с первичной очисткой. Угол наклона ленты очистного транспортера, обеспечивающий чистое качение ягод, определяется из выражения

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{f \cdot (\gamma_я^2 + \beta_B^2) - a_K \cdot \gamma_я}{\beta_B^2}, \quad (9)$$

где β - угол наклона плоскости транспортера относительно горизонта; f - коэффициент трения; $\gamma_я$ - радиус ягоды (при $\Gamma \neq I$); β_B - радиус инерции относительно горизонтальной оси, проходящей через центр масс; a_K - перемещение ягоды при качении.

Основными параметрами, влияющими на процесс сортировки ягод, являются (рис.3) коэффициент восстановления скорости ягод (упру-

гость) (k); высота падения (h_1); угол наклона пластины к горизонтали (α); высота (h) и угол наклона технологической преграды к пластине (θ); расстояние от центра удара до преграды (a).

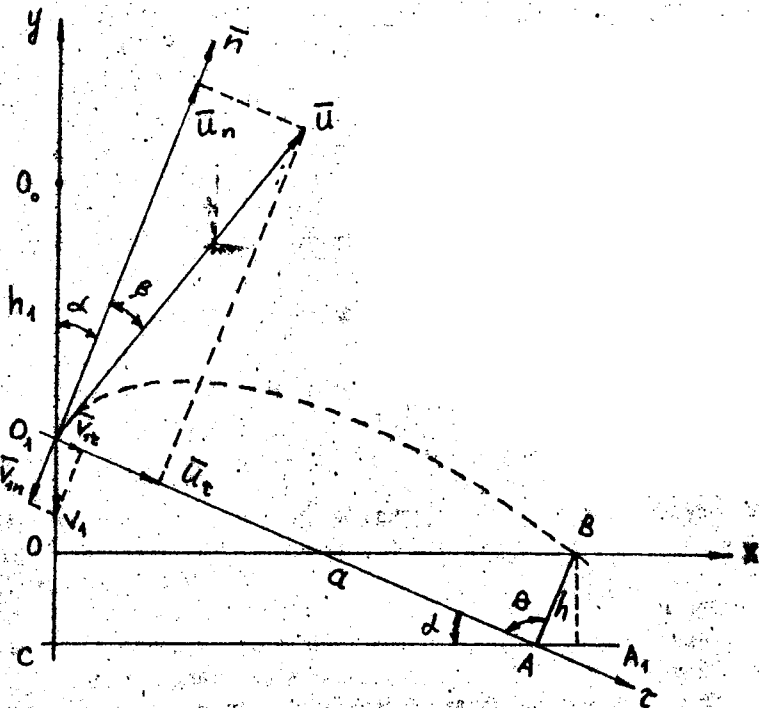


Рис. 3. Схема для определения параметров операции сортировки ягод

Поскольку величина h_1 ограничена физико-механическими свойствами ягоды, и как следствие значение скорости ягоды после удара $|u|$ невелико, а также не учитывая сопротивление воздуха, принимаем, что траектория движения ягоды после удара имеет вид параболы. Тогда уравнения движения ягоды в параметрическом виде

$$\begin{cases} x = |u|_x \cdot t = |u| \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot t \\ y = 0,01 + |u|_y \cdot t - g \frac{t^2}{2} \end{cases}, \quad (10)$$

Прделаав соответствующие преобразования, получим выражение, связывающее основные параметры

$$f(h_1, a, d, \theta, h, k) = a \cdot \sin d - h \cdot \sin(180^\circ - \alpha^\circ - \theta^\circ) + \frac{a \cdot \cos d + h \cdot \cos(180^\circ - \alpha^\circ - \theta^\circ)}{\operatorname{tg}(\alpha + \alpha \operatorname{ctg} \frac{\operatorname{tg} d}{k})} - \frac{g [a \cdot \cos d + h \cdot \cos(180^\circ - \alpha^\circ - \theta^\circ)]^2}{2 \cdot 2 g h_1 (k^2 \cdot \cos^2 d + \sin^2 d) \cdot \sin^2(\alpha + \alpha \operatorname{ctg} \frac{\operatorname{tg} d}{k})} = 0 \quad (11)$$

При h_1, d, θ, k и a константы - это квадратное уравнение относительно h .

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено следующее:

1. Обеспечить 93% вероятность заделывания черенков в почву возможно за два взаимно-перпендикулярных прохода машины, когда расстояние между дисками 120 мм, при средней длине посадочного материала 150 мм.

2. Санитарно-химические анализы крупноплодной клубки показали, что при норме расхода гербицида (фосулена) 1,25...1,75 кг/га, остаточное содержание его в плодах составляет 0,139...0,262 мг/кг, а спустя два месяца остатки гербицида не обнаружены.

3. Технологический процесс отделения ягод от побегов обеспечивается, когда скорость хедера находится в пределах 0,992...3,671 м/с.

4. Использование на подающем и основном транспортерах машины для "сухой" уборки ягод очесывающих гребенок, изготовленных из полиуретана, позволяет устойчиво выполнять технологический процесс: количество примесей в собранном ворохе не более 7%, потери ягод не превышают 6%.

5. При критической высоте падения ягод на деревянную поверхность 1 м и следующих значениях параметров - $a = 100$ мм, $d = 30^\circ$, $\theta = 90^\circ$ и $k = 0,4$, высота технологической преграды для качественной сортировки продукции равна 58 мм.

Анализ полученных результатов показал, что в среднем за первые шесть лет выращивания крупноплодной клубки (до достижения запланированной урожайности), на производство одной тонны ягод необходимо израсходовать 151,5 кг черенков, затратить 19,9 чел.-ч (для сравнения: в растениеводстве на один га пашни в среднем затрачивается 27 чел.-ч в год), внести 89 кг минеральных удобрений. Расход топлива и электроэнергии составляет соответственно 27,3 кг и

61,8 кВт·ч, а металла, заключенного в средствах механизации, 11,4 кг — на одну тонну убранный продукции. Установлено, что новые конструкции отечественных машин обеспечивают снижение полной энергоемкости на 28% при экономии 33% топлива, 5% металла и 25% затрат живого труда, при этом наилучшие показатели отмечены при использовании косилки и уборочного хедера.

Рентабельность производства клюквы на 5-й год составляет 462%, а на 7-й...20-й годы увеличивается до 938%. Интегральный эффект, выражающий суммарный эффект за расчетный (20 лет) период, приведенный к моменту его начала (1991 г.) составляет 475.728 руб/га, а срок возврата капиталовложений — 3,32 года. С учетом того, что по состоянию на 1994 год в Республике Беларусь уже имеется 108 гектаров плантаций (310 га строится), годовой эффект от внедрения технологии в целом по республике, определенный в ценах 1991 года методом аннуитета, составляет 8,2 млн. рублей. К этому следует добавить, что клюква, голубика, брусника — это коммерческий продукт, пользующийся спросом на мировом рынке.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сидорович Е.А., Рубан Н.Н., Шерстеникина А.В. Интродукция и опыт выращивания клюквы крупноплодной, голубики высокой и брусники. — Мн.: БелНИИТИ, 1991. — 52 с.

2. Сидорович Е.А. и др. Клюква крупноплодная в Белоруссии. — Мн.: Наука и техника, 1987. — 238 с.

3. Технология производства посадочного материала клюквы крупноплодной / Сидорович Е.А. и др. — Мн.: БелНИИТИ, 1992. — 88 с.

4. Технология промышленного выращивания клюквы крупноплодной на получение ягодной продукции / Сидорович Е.А. и др. — Мн.: БелНИИТИ, 1992. — 120 с.

5. Протокол № 7-48-61-87С специальных испытаний комплекса импортных машин для возделывания клюквы крупноплодной на промышленных плантациях. — Западная МЭС, 1987 г.

6. Протокол № 7-43-46-88С специальных испытаний комплекса импортных машин для возделывания клюквы крупноплодной на промышленных плантациях и послеуборочная обработка. — Западная МЭС, 1988 г.

7. Мармалюков В.П., Мисун Л.В., Пасеко А.П., Корниевич С.П. Аспекты механизированной технологии возделывания клюквы крупноплод-