

Совершенствование механизированной технологии производства крупноплодной клюквы в Беларуси

Л.В. МИСУН, канд. техн. наук, БАТУ



Развитие производительных сил и ускоренная урбанизация привели к резкому сокращению площадей дикорастущих ягодников, значительному снижению заготовок ягод [1].

В плодах брусничных культур, особенно в крупноплодной клюкве, содержится комплекс биологически активных соединений, обладающих защитными свойствами по отношению к радиоактивным тяжелым металлам, что особенно важно для населения Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС. Положительные результаты экологобиологических исследований подтверждают возможность и целесообразность промышленного культивирования ягод семейства брусничных в условиях белорусского Полесья и являются основанием комплексного изучения технологических процессов, их производства и уборки.

Производственная проверка приобретенных за рубежом машин показала, что в условиях Республики Беларусь их технические характеристики реализуются не в полной мере. Об этом свидетельствуют результаты испытаний на БелМИС, в соответствии с которыми только по четырем машинам комплекса (из 13 испытывавшихся) было рекомендовано воспроизвести конструкцию с использованием

прогрессивных элементов и компоновочной схемы [2-3].

Высокая стоимость импортной техники, предполагаемые объемы выращивания брусничных, вызванные потребностью населения республики в целебной ягодной продукции из-за последствий Чернобыля, имеющийся коммерческий интерес - все это выдвигает в число приоритетных решение проблемы обеспечения комплексной механизации возделывания и уборки крупноплодной клюквы путем научного обоснования технологических процессов, создания и совершенствования отечественных образцов машин, не уступающих по своим эксплуатационным, качественным, энергетическим и другим показателям лучшим зарубежным аналогам.

Анализ известных технологий промышленного производства клюквы и результаты экспериментальной проверки в условиях белорусского Полесья используемых для этого машин и оборудования дали возможность составить структурную схему технологии и наметить перечень технических средств, которые необходимы для ее выполнения [4].

Изучение взаимодействия рабочих органов с обрабатываемыми материалами (черенками, ягодами, почвой) позволило выделить

неуправляемые факторы (физико-механические характеристики ягод, черенков) и параметры конструкций и режимов работы машин, рассматриваемые как варьируемые факторы, которые влияют на исследуемые показатели эффективности функционирования технических средств, прежде всего, на показатели их работы и надежности. Обоснованы методы получения и обработки информации, которая необходима и достаточна, чтобы обеспечить достоверность оценок показателей качества работы и надежности техники для производства клюквы, с учетом того, что эти показатели являются случайными в вероятностно-статистическом смысле.

Согласно проведенным исследованиям по обоснованию типа и параметров машины для посадки черенков, только дисковый рабочий орган с разрезными обжимающими катками, в отличие от испытываемых шнекового, спирального, дискового со сплошными катками, соответствует агротехническим требованиям на посадку [5]. Вероятность заделывания черенков в почву за один проход машины по чеку для случая, когда $L > l$,

$$P_I(x, \varphi) = 2 \cdot \frac{l}{L \cdot \pi}, \quad (1)$$

где x - расстояние от центра черенка до ближайшей к нему линии прохода диска машины;

j - угол, образованный черенком и перпендикуляром к линии прохода диска;

l - длина черенка;

L - расстояние между дисками машины.

Рассматривая технологический процесс при двух взаимоперпендикулярных проходах машины, можно выделить следующие события пересечения черенка с траекториями дисков: А - при проходе машины вдоль чека; Б - при проходе машины поперек чека.

С учетом выражения (1) вероятность того, что черенок окажется вдавленным в почву, хотя бы при одном из проходов машины, если $L > l$,

$$P_{II}(x, \varphi) = P(A + B) = 4 \cdot l \cdot \frac{L \cdot \pi - l}{L^2 \cdot \pi^2}, \quad (2)$$

Согласно агротехническим требованиям к посадке дисковой машиной, расстояние должно быть не менее 12 см. Черенки же после машинной резки имеют длину до 25 см и более. С учетом этого определена зависимость для варианта, когда расстояние между дисками меньше длины посадочного материала [6]:

$$P_I(x, \varphi) = \frac{2}{L \cdot \pi} \cdot \left(L \cdot \arccos \frac{L}{l} + l - \sqrt{l^2 - L^2} \right); \quad (3)$$

$$P_{II}(x, \varphi) = P_I \cdot (2 - P_I). \quad (4)$$

Используя выражения (1)...(4), можно при выбранных начальных условиях, с необходимой вероятностью, спрогнозировать технологический процесс посадки, определить необходимое количество дефицитного посадочного материала.

Математическая модель для оценки технологического эффекта вдавливания дисками черенков в почву, когда выходной переменной (функцией отклика) является процент их заделывания, имеет вид:

$$\hat{y} = 48,417 - 1,083x_1 - 2,5x_2 + 32,167x_3 + 0,833x_1x_2 - 1,5x_1x_3 - 3,083x_2x_3 \quad (5)$$

где x_1 - скорость движения агрегата;

x_2 - расстояние между дисками;

x_3 - толщина кромки диска.

Полученные оптимальные значения параметров ($v_a = 1,16$ м/с; $L = 128,19$ мм; $S_g = 7,0$ мм) соответствуют результатам теоретических положений, согласно которым девяносто процентное заделывание черенков в почву возможно за два взаимоперпендикулярных прохода машины, когда расстояние между дисками 12 см, при средней длине посадочного материала 15 см.

Технологией выращивания крупноплодной клюквы предусматриваются два способа уборки - "сухой" и на воде, выбор и соотношение которых определяются возможностями производства. На промышленных плантациях большую часть урожая собирают, затапливая плантацию водой и сбивая ягоды специальным хедером.

Установлено, что основная масса ягод отделяется от побегов при ударном воздействии прутков, которые, пригибая плодоносящие побеги, скользят вдоль них и ударом отрывают ягоды. Незначительная часть слабозакрепленных ягод отделяется в результате воздействия потока воды, создаваемого прутковым барабаном, однако в целом это не является характерным для водного способа уборки [7].

Для обоснования технологической схемы "сухой" уборки ягод, типа рабочих органов и их сочетания в том или ином варианте использован метод регрессионного анализа. Получено уравнение для оценки процесса, когда функцией отклика является процент об-

щих потерь продукции (ягоды и поврежденные побеги)

$$\hat{y} = 6,180 + 1,179x_1 + 0,479x_2 + 0,380x_3 - 0,487x_1x_2, \quad (6)$$

где x_1 - скорость движения агрегата;

x_2 - тип подающего устройства;

x_3 - материал гребня.

Анализ выражения (6) показал:

а) общие потери продукции минимальные и не превышают 4% при движении со скоростью 1,18 км/ч агрегата, оборудованного очесывающим транспортером с гребнем из полиуретановых зубьев;

б) скорость движения агрегата влияет на качество сбора ягод более существенно, нежели другие рассматриваемые факторы (1,179 > 0,479 > 0,380). Увеличение скорости агрегата до 2,15 км/ч сопровождается ростом потерь на 1,67%;

в) при замене подающего очесывающего транспортера на подборщик дополнительные потери продукции составляют около одного процента, что с учетом агротехнических требований к процессу уборки существенно.

При анализе влияния фактора X_{430} на критерий оптимизации можно отметить, что зубья, изготовленные из полиуретана, способствуют снижению потерь продукции на 0,38%.

На втором этапе регрессионного анализа процесса уборки ягод ставилась задача оптимизировать режимы работы и установочные параметры выбранного образца. Поисковыми исследованиями выявлены наиболее существенные факторы, влияющие на полноту уборки и снижение повреждений растений. В окончательном виде математическая модель технологического процесса уборки ягод имеет вид:

$$\hat{y} = 6,887 + 0,837x_1 - 0,962x_2 + 0,250x_3 + 0,637x_1x_2, \quad (7)$$

где x_1 - скорость движения агрегата;

x_2 - глубина очеса ягодника;

x_3 - расстояние между осями ведомых валов очесывающих транспортеров.

Анализ этой модели показал, что существенное влияние на полноту отделения ягод двумя очесывающими транспортерами оказывает совместное взаимодействие скорости движения агрегата и глубины очеса.

В результате исследований установлено, что девяностопроцентное заделывание черенков в почву обеспечивается за два взаимоперпендикулярных прохода машины, когда расстояние между дисками 12 см, а средняя

длина посадочного материала 15 см. Процесс отделения ягод от побегов при "мокром" способе уборки обеспечивается, когда окружная скорость хедера находится в пределах 1,0...3,7 м/с.

Конструкция отечественного уборочно-го хедера обеспечивает качественное и практически без простоев, связанных с очисткой барабана от растительных остатков, выполненные работ. При этом производительность на 20...25% выше, чем у американского аналога.

Установлено, что при высоте падения ягод на деревянную поверхность сортировочного устройства 30 см и коэффициенте восстановления 0,4 удельный вес некондиционных ягод в общем объеме товарной продукции не превышает 3%, твердых, попавших в отходы 4,0...4,3%.

Сравнение рекомендованных БелМИС к воспроизводству и использованию в условиях Республики Беларусь зарубежных машин и разработанных отечественных аналогов (защищенных авторскими свидетельствами или патентом), показывает, что новые конструкции сравниваемых машин обеспечивают снижение полной энергоемкости на 28% при экономии 33% топлива, 5% металла и 25% затрат живого труда [8].

Литература

1. Сидорович Е.А. и др. Клюква крупноплодная в Белоруссии. - Минск: Наука и техника, 1987.-238 с.
2. Протокол N 7-48-61-87 С специальных испытаний комплекса импортных машин для возделывания клюквы крупноплодной на промышленных плантациях. - Западная МИС, 1987г.
3. Протокол N 7-43-46-88 С специальных испытаний комплекса импортных машин для возделывания клюквы крупноплодной на промышленных плантациях и послеуборочная обработка.-Западная МИС,1988г.
4. Мисун Л.В. Научные и технологические основы производства крупноплодной клюквы. - Минск: Бел. издат. Товарищество "Хата", 1995.-135с.
5. Мармалюков В.П., Мисун Л.В., Пасеко А.П., Корниевич С.П. Аспекты механизированной технологии возделывания клюквы крупноплодной // Сб. науч.трудов ВНИИПТИМЭСХ: Результаты исследований и разработки по механизации производственных процессов в растениеводстве.- Черноград, 1991.- с.41-45.
6. Мисун Л.В., Костюк В.С., Пасеко А.П. Теоретическое обоснование процесса посадки черенков ягодных культур // Сб.труд. БЕЛНИИМСХ Механиз.и электр. сельск.хоз.-Минск: НПО "Белсельхозмеханизация", 1996.- 200 с.
7. Мисун Л.В., Агейчик В.А. Обоснование параметров хедера для уборки ягод на воде // Сб. труд. БелНИИМСХМеханиз. и электр. сельск.хоз.- Минск: НПО "Белсельхозмеханизация", 1996.- 200с.
8. Нагорский И.С., Мисун Л.В. Энергетический анализ промышленной технологии выращивания крупноплодной клюквы в условиях Республики Беларусь // Весці ААН РБ.- 1995, N1.- с.107-114.