

УДК 634.10.004.12:631.559

## НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА УРОЖАЯ В САДУ ПРИ ПОМОЩИ МАШИНЫ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРОРЕЖИВАНИЯ ЦВЕТОВ A NEW TECHNOLOGY OF CROP QUALITY REGULATION IN ORCHARDS BY USING MECHANICAL FLOWER THINNING DEVICE

**А.А. Соломахин, Ю.В. Трунов, Т.Г.-Г. Алиев, Всероссийский НИИ садоводства им. И.В. Мичурина, 393774, Россия, Тамбовская обл., Мичуринск-14, ул. Мичурина, 30, тел.: (07545) 2-07-61, e-mail: solom79@yandex.ru**

**М. Бланке, Боннский университет, 53121, Германия, Бонн, Ауф Дем Хюгель, 6, тел.: 02225/7854 (02225/10698), e-mail: MMBlanke@uni-bonn.de**

**A.A.Solomahin, Ju.V.Trunov, T.G.-G. Aliev, All-Russian Scientific Research Institute of Gardening named after I.V.Michurin, 393774, Russian Federation, Tambov region, Michurinsk-14, Michurin st., 30, tel.: (07545) 2-07-61, e-mail: solom79@yandex.ru**

**M. Blanke, Bonn University, 53121, Germany, Bonn, Auf Dem Hügel, 6, tel.: 02225/7854 (02225/10698), e-mail: MMBlanke@uni-bonn.de**

Целью проекта являлась разработка технологии механического прореживания цветов без применения для этого химических в саду и минимизации повреждений деревьев для улучшения качества плодов, снижения использования ручного прореживания и преодоления периодичности плодоношения. Устройство состояло из трех регулируемых горизонтальных роторов с вертикально вращающимися щетками. Роторы были закреплены на вертикальной оси, расположенной на платформе, закрепленной спереди транспортного средства. Цветы деревьев яблони механически прореживались в середине апреля при различных комбинациях скоростей роторов и скоростей транспортного средства с оставлением ручного прореживания и непрореженных деревьев в качестве контрольных.

Использование механического прореживания привело к повышению качества плодов, то есть увеличению содержания СРВ (более сладкий вкус), антоцианов, кислотности и размера и более развитым румянцем. Сниженная урожайность в вариантах с прореживанием компенсировалась более высоким качеством плода и более высокой прибылью.

**Ключевые слова:** аграрная инженерия, регулирование урожая, прецизионное механическое прореживание, качество плода.

The aim of the project was to thin apple flowers mechanically without use of chemicals in orchard and minimize any tree damages to improve fruit quality, reduce hand-thinning and overcome alternate bearing. A device was constructed of three adjustable horizontal rotors with vertically rotating brushes; the horizontal rotors are attached to a vertical axis based on a platform on the front of a vehicle. Apple trees were mechanically thinned in mid April with combinations of rotor and vehicle speeds and adjacent untreated and manually-thinned trees of the same rows serving as controls.

Mechanical thinning resulted in better fruit quality via increased soluble solids (sweeter taste), acidity and size, red fruit colouration as well as anthocyanin content. Decreased yields were compensated by the higher fruit quality and income.

**Key words:** agricultural engineering, crop regulation, precise mechanical thinning, fruit quality.

Регулирование нагрузки урожаем является одним из основных элементов агротехники современного интенсивного сада яблони и применяется с целью повышения качества плодов и их стоимости путем оптимизации их размера, количества, увеличения площади развития румянца, обеспечения высокой интенсивности цветения на следующий год, поддержания структуры дерева, избегания периодичности плодоношения и обеспечение высокой лежкоспособности плодов. Применение обработок различными химическими веществами (регуляторами роста растений, маслами, некоторыми удобрениями) для этой цели в современной технологии зачастую не может гарантировать получения адекватного результата по причине комплексности факторов, оказывающих определяющее влияние на эффективность применения (погодные условия, сорт яблони, интенсивность цветения, фенофаза, возраст дерева и др.), и отрицательного влияния данных химических веществ на экологию сада.

Целью нашего исследования являлась оценка эффективности нового метода по механическому прореживанию цветов путем использования разработанной в Боннском университете (Германия) новой машины как экологичного средства механизации регулирования урожайности и повышения параметров качества плода, преодоления периодичности плодоношения, а также прекращения использования трудоемкого и затратного ручного прореживания.

Для эксперимента по изучению механического прореживания цветов были выбраны деревья яблони Гала на подвое М.9 в саду Кляйн-Альтендорфского исследовательского центра Боннского университета (Германия),

схемой посадки 3,5 x 1 м, сформированные в виде стройного веретена, и механически прореживались новой машиной для прореживания цветов, разработанной в Боннском университете (Германия), в фазу начала цветения (апрель) (приложение 1). Устройство закреплялось спереди трактора и состояло из вертикальной оси с тремя горизонтальными вращающимися роторами с синтетическими нитями, под воздействием которых и происходило удаление цветов. После проведения предварительных испытаний варианты опыта включали в себя следующие скорости вращения ротора со щетками (R, об/мин) и скорости трактора (Т, км/ч): 300 об/мин, 5 км/ч (300R5T); 360 об/мин, 5 км/ч (360R5T); 420 об/мин, 5 км/ч (420R5T); 360 об/мин, 7,5 км/ч (360R7,5T); 420 об/мин, 7,5 км/ч (420R7,5T). Деревья без прореживания служили контрольными, прореженные вручную — эталоном. Эксперимент по механическому прореживанию цветов имел рендомизированное размещение блоков деревьев по каждому варианту опыта, каждый блок насчитывал 20 учетных деревьев с оставлением 2 деревьев с каждой стороны блока в качестве защитных. Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием MS EXCEL и SPSS версия 13, а также Dunnett's T3 теста.

Все плоды после съема были подвергнуты оценке качества с применением ART System (UP Produkte, Germany): йод-крахмальная проба, твердость плода, сухие растворимые вещества (СРВ, рефрактометрически — PR 32, Atago Co., Japan), содержание кислоты — титрованием, цвет кожицы плода определялся также с двух его противоположных сторон при помощи спектрометра СА-

22 (X-rite). Относительное содержание хлорофилла (индекс NDVI) и антоцианов (NAI) оценивалось в наиболее окрашенной и в наиболее зеленой точках на поверхности плода неразрушающим методом — с использованием анализатора пигментов PA1101.

По каждому варианту десять горизонтальных ветвей из середины кроны с тремя различными направлениями роста были отобраны на восточной стороне учетных деревьев как модельные ветви: перпендикулярно направлению ряда, под углом 45° к направлению ряда и под углом 135° к направлению линии ряда. Влияние механического прореживания цветов на эффективность прореживания определялись путем учета удаленных и существенно поврежденных цветов в соцветии по отношению к общему количеству соцветий, а также на целостность структурных элементов дерева: значительно поврежденных листьев (1/3 или более листовой пластинки повреждено) к общему количеству листьев на модельных ветвях; абсолютное количество выломанных машиной почек и однолетних приростов по каждой модельной ветви. Завязываемость плодов по каждой модельной ветви в варианте учитывалась после «июньского» опадения завязи и выражалась как соотношение к 100 непрореженным соцветиям.

С целью комплексной оценки эффективности механического прореживания и потенциальных повреждений, вызванных применением машины, определялся интегрированный коэффициент прореживания (ICT) для определения границ критических значений по формуле:

$$ICT = (FR/FS) * ((m * r^2 / l) / v), \text{ где}$$

ICT — интегрированный коэффициент прореживания,

FR — количество удаленных цветов в соцветии,

FS — закладка плодов,

m — масса нити щетки для прореживания (3 г),

r — скорость вращения ротора, об/мин.,

l — длина нити щетки для прореживания (30 см),

v — скорость трактора (км/ч).

Согласно полученным нами результатам, максимальный прореживающий эффект достигался в вариантах с максимальной скоростью ротора (420—480 об/мин.; табл. 1), чем при изменении скорости движения трактора что означает, что ключевым фактором, определяющим эффективность прореживания, являлась, главным образом, скорость ротора.

Однако, уровень повреждения плодового дерева, включающий в себя количество поврежденных однолетних приростов, почек и листьев, в наибольшей степени зависел от комбинации скорости движения трактора и скорости вращения роторов со щетками с увеличением количества повреждений при повышении скорости вращения роторов и снижении скорости движения трактора, то есть 420R5T и 420R7,5T, и увеличивался вдвое при увеличении скорости движения трактора (42% в случае с 420R5T, но лишь 24% при 420R7,5T; табл. 1). Отсутствие значительной разницы по степени повреждения листьев изучаемых деревьев яблони между вариантами 300R5T, 360R5T и 360R7,5T (10—20%) наблюдалось благодаря спе-

**Таблица 1. Эффективность механического прореживания цветов**

| Вариант опыта                | ICT индекс | Степень повреждения листьев [%] | Количество поврежденных однолетних приростов и почек, шт | Количество удаленных цветов в соцветии, шт | Количество плодов на 100 соцветий, шт |
|------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| Контроль (без прореживания)  | —          | —                               | —                                                        | —                                          | 92,8                                  |
| Эталон (ручное прореживание) | —          | —                               | —                                                        | —                                          | 74,3                                  |
| 300R5T                       | 9*         | 22,3*                           | 0,77                                                     | 0,44*                                      | 85,2                                  |
| 360R5T                       | 17*        | 23,3*                           | 0,41                                                     | 0,45*                                      | 66,7*                                 |
| 360R7,5T                     | 8*         | 10,6*                           | 1,13*                                                    | 0,37*                                      | 77,7                                  |
| 420R5T                       | 61*        | 42,1*                           | 1,46*                                                    | 1,00*                                      | 57,8*                                 |
| 420R7,5T                     | 35*        | 23,7*                           | 1,10                                                     | 0,94*                                      | 62,7*                                 |

\* Разница существенна согласно Dunnett's T3 теста

цифической механической резистентности структурных элементов кроны плодового дерева к неблагоприятному воздействию машины для прореживания цветов. Как результирующий показатель, завязываемость плодов находилась в тесной взаимосвязи с интенсивностью прореживания по каждому варианту и снижалась при повышении последней (комбинация сниженной скорости трактора и повышенной скорости ротора). Значительно сниженное относительно количества соцветий количество плодов (58—66%), позволяющее достичь необходимую эффективность механического прореживания для получения плодов достаточного размера при сьеме, было получено при использовании частоты вращения ротора 420 об/мин при обеих исследуемых скоростях трактора (5 км/ч и 7,5 км/ч), а также в варианте 360R5T по сравнению с контролем (93%) (табл. 1). Оптимальными являются значения ICT, используемого в качестве интегральной оценки механического прореживания цветов, в диапазоне 20—40, чем обеспечивалась высокая эффективность новой технологии при минимальных повреждениях деревьев.

Наблюдалась четко выраженная тенденция по увеличению у плодов в вариантах с механическим прореживанием показателей твердости плода, содержания СРВ, степени зрелости, размера плода, а также кислотности по сравнению с непрореженным контролем и максимальной твердостью плода и содержанием СРВ (12,5%) в эталоне (ручное прореживание), что являлось несомненным повышением качественных характеристик плода при нормировании урожая (табл. 2).

**Таблица 2. Влияние механического прореживания цветов на биохимические параметры плодов яблони сорта Гала**

| Вариант                      | Твердость [кг/см²] | СРВ [%]   | Распад крахмала [1—10] | Streif-Index [F/(SS*SB)] | Кислотность [%] | Сахаро-кислотный индекс | Размер плода [мм] | Урожайность [кг/дер.] |
|------------------------------|--------------------|-----------|------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|
| Контроль (без прореживания)  | 7,6                | 11,5      | 4,5                    | 0,197                    | 0,34            | 34:1                    | 67,2              | 27,6                  |
| Эталон (ручное прореживание) | 8,5                | 12,5      | 4,0                    | 0,161                    | 0,38            | 33:1                    | 74,4              | 19,0                  |
| 300R5T                       | 8,1                | 11,8      | 4,3                    | 0,175                    | 0,34            | 35:1                    | 71,6              | 20,5                  |
| 360R5T                       | 8,3                | 12,2      | 4,4                    | 0,154                    | 0,38            | 32:1                    | 74,4              | 21,8                  |
| 360R7,5T                     | 8,4                | 12,3      | 4,4                    | 0,155                    | 0,40            | 31:1                    | 70,3              | 24,5                  |
| 420R5T                       | 8,2                | 12,2      | 4,2                    | 0,129                    | 0,36            | 34:1                    | 76,3              | 15,3                  |
| 420R7,5T                     | 8,2                | 11,9      | 4,4                    | 0,159                    | 0,38            | 31:1                    | 77,7              | 17,8                  |
| HCP05                        | 0,61               | 0,31      | 0,20                   | 0,0131                   | —               | —                       | 3,21              | 2,49                  |
| Оптимально для сьема         | 9,0—10,0           | 12,0—13,0 | 3—4                    | 0,30                     | —               | —                       | —                 | —                     |

Наблюдающаяся по всем вариантам с прореживанием плодов, включая эталон, сниженная урожайность деревьев компенсировалась хорошо известным эффектом улучшения качества плода, что значительно повышало цену реализации урожая. Повышенное содержание СРВ в плодах с деревьев, подвергнутых механическому прореживанию, было обусловлено увеличением абсорбции ФАР (фотосинтетически активная радиация) листьями и плодами, а также улучшенной утилизации света в кроне плодового дерева, что вызывало повышенный экспорт углеводов из листа в плоды.

Использование нового механизма для механического прореживания цветов, разработанного в Боннском университете (Германия), позволяло стимулировать индукцию и интенсивность покровной окраски (румянец) плода во всех вариантах с механическим прореживанием, что происходило благодаря лучшему проникновению света во внутренние части кроны изучаемых деревьев яблони (по причине снижения интенсивности вегетативного роста), улучшению распределения ассимилятов в плодовом растении, а также прямому действию падающего солнечного излучения на кожуру плодов в данных вариантах.

Наиболее высокое относительное содержание антоцианов в кожуре плода в вариантах 300R5T, 360R5T и 360R7,5T объяснялось оптимальной нагрузкой деревьев урожаем. Дополнительно, минимальные значения NAI по вариантам 420R7,5T, 420R5T и в контроле были обусловлены более глубокой затененностью от интенсивнее растущих однолетних приростов в вариантах с прореживанием (по причине сниженной урожайности из-за избыточного прореживания) либо, наоборот, избыточной нагрузкой урожаем контрольных деревьев.

Максимальное содержание хлорофилла, подразумевающее более интенсивное зеленое окрашивание кожицы плода и сниженное качество для сорта Гала, было обнаружено в вариантах с механическим прореживанием, где использовались более высокие скорости вращения ротора (420—480 об/мин.) и низкой скоростью трактора (5 км/ч), что было вызвано меньшей интенсивностью солнечного излучения, приходящегося на данные плоды по причине более сильного их затенения более интенсивно растущими однолетними приростами, и регулировалось системой фитохромов. 