

Научная статья

УДК 634.75:581.192(470.40/43)

DOI 10.48012/1817-5457\_2024\_4\_31-40

## ВЛИЯНИЕ СОРТА И АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЯГОД ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Дулов Михаил Иванович✉, Антипенко Мария Ивановна

ГБУ СО «Научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений «Жигулевские сады», Самара, Россия

✉dulov-tehfak@mail.ru

**Аннотация.** Ягоды земляники садовой благодаря изысканному вкусу и богатству биологически активных соединений пользуются повышенным спросом покупателей. Генетические особенности сорта, погодные условия по периодам роста растений и формирования урожая оказывают значительное влияние на биохимический состав плодов земляники, определяют их вкусовые и технологические качества. Цель исследования – провести оценку и определить степень тесноты корреляционной связи биохимического состава плодов земляники садовой с агрометеорологическими условиями вегетационного периода, выделить лучшие генотипы для промышленного производства и дальнейшего использования в селекции на улучшение химического состава ягод. Исследования велись в 2021–2024 гг. на базе ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». Оценка сортов по химическому составу плодов проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Результаты исследований показали, что наибольшее содержание сухих веществ в плодах земляники формирует сорт Кармен. Содержание сахаров в 100 г ягод составляет в среднем 5,79...6,40 %. Более стабильное по годам количество сахаров в плодах сортов Зенга Зенгана и Жанна. Титруемую кислотность в плодах на оптимальном уровне (0,8...1,0 %), как правило, имеют сорта Азия и Кармен. Благоприятные значения сахарокислотного индекса отмечены у сортов Зенга Зенгана, Азия и Кармен. Количество аскорбиновой кислоты в плодах земляники в зависимости от сорта и агрометеорологических условий изменяется от 38,0 до 88,0 мг%, антоцианов – в среднем от 33,8 до 40,7 мг%. При создании новых генотипов земляники садовой улучшенного биохимического состава плодов на максимальное количество в ягодах сухих веществ и сахаров, оптимальное содержание в них титруемых органических кислот, гармоничное сочетание в плодах сахаров и органических кислот в качестве источника ценных хозяйственных признаков целесообразно использовать сорта Кармен и Азия.

**Ключевые слова:** земляника садовая, сорт, плоды, агрометеорологические условия, биохимический состав, корреляция.

**Для цитирования:** Дулов М. И., Антипенко М. И. Влияние сорта и агрометеорологических условий на биохимический состав ягод земляники садовой в Среднем Поволжье // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4(80). С. 31-40. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2024\\_4\\_31-40](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_4_31-40).

**Актуальность.** Земляника садовая (*Fragaria × ananassa Duch.*) является одной из популярных и экономически выгодных ягодных культур в мире. Ее выращивают более чем в 70 странах мира, и ежегодное производство ягод превышает 3,6 млн тонн [3]. В России землянику садовую выращивают на площади более 34,0 тыс. га и благодаря раннеспелости, скороплодности и высокой урожайности насаждения данной культуры могут достигать 35...40 % площадей, занимаемых всеми ягодниками. Земляника успешно приспосабливается к различным природным условиям и хорошо отзывается на различные агротехнические приемы [13].

Плоды земляники садовой обладают высокими вкусовыми свойствами, являются важным источником сахаров, минеральных веществ, органических кислот, аскорбиновой кислоты, флавоноидов и антоцианов [6]. Ягоды земляники обладают уникальным комплексом лечебных и диетических свойств, что повышает их потребительские свойства [4], и они пользуются повышенным спросом покупателей [15]. Благодаря высокой пищевой ценности плоды земляники считаются продуктом функционального питания [1].

Погодные условия и генетические особенности сорта земляники садовой оказывают значительное влияние на прохождение фе-

нологических фаз, рост и развитие растений в период вегетации, сроки созревания плодов и во многом определяют их биохимический состав. Поэтому оценка биохимического состава плодов различных сортов земляники представляет большой интерес для дальнейшего их использования при выращивании, употребления ягод в свежем виде и получения натуральных продуктов здорового питания.

**Цель исследования** – провести оценку и определить степень корреляционной связи биохимического состава плодов земляники садовой с агрометеорологическими условиями вегетационного периода, выделить лучшие генотипы для промышленного производства и дальнейшего использования в селекции на улучшение химического состава ягод.

**Задачи:** определить биохимический состав плодов различных сортов земляники садовой; провести корреляционный анализ и установить степень тесноты связи изменения химического состава ягод от агрометеорологических условий, складывающихся в период роста растений и формирования урожая.

**Материал и методика исследований.** Исследования проводили в 2021–2024 гг. на опытных участках Государственного бюджетного учреждения Самарской области «Научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений «Жигулевские сады». За годы исследований в мае среднесуточная температура воздуха изменялась от 10,2 до 20,1 °С, сумма среднесуточных температур выше +5 °С составляла 325,5...622,8 °С, выше +10 °С – 183,0...622,8 °С, максимальная среднесуточная температура воздуха – 18,8...27,6 °С, относительная влажность воздуха – 37,8...73,4 %. В среднем за период в 14 дней до сбора плодов по годам и сортам земляники садовой среднесуточная температура воздуха варьировала от 17,7 до 24,4 °С, сумма температур выше +5 °С и +10 °С равнялась 248,2...341,2 °С, максимальная среднесуточная температура воздуха – 23,5...32,4 °С, относительная влажность воздуха – 40,5...81,9 %. За 7 дней до сбора урожая плодов изучаемых сортов земляники садовой по годам исследований среднесуточная температура воздуха равнялась 16,3...26,5 °С, сумма температур выше +5 °С и +10 °С была на уровне 113,9...185,3 °С, максимальная среднесуточная температура воздуха – 22,1...34,6 °С, относительная влажность воздуха – 41,2...79,7 %.

Объектом изучения служили плоды следующих сортов земляники садовой:

1. *Зенга Зенгана* (Германия). Сеянец от скрещивания сеянца Марке × сорт Зигер. Средняя масса плода 14,8 г, к концу сбора сильно мельчают. Мякоть темно-красная, средней плотности. Вкус приятный, кисло-сладкий. Поздний срок созревания (16–30 июня).

2. *Азия* (Италия). Средняя масса плода до 18,0 г. Мякоть нежно-красного цвета с глянцевым покрытием, сладкая, без внутренних пустот, сочная, плотная. Среднеранний срок созревания (5–10 июня).

3. *Жанна* (ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады»). Сеянец от свободного опыления сорта Гигантелла Максима, сочная, плотная. Средняя масса плода 15,4–20,0 г. Мякоть темно-красная, сочная, плотная. Вкус кисло-сладкий с ароматом. Поздний срок созревания (19–20 июня).

4. *Кармен* (Чехия). Сеянец от скрещивания сортов Georg Soltwedel × Sparkle. Средняя масса плода 13,4–20,0 г. Мякоть красная, плотная. Вкус кисло-сладкий, десертный, с приятным ароматом. Среднепоздний срок созревания (15–25 июня).

5. *Моллинг Сентинэри* (Шотландия). Создан в 2006 г. под номером ЕМ 1754. Точное происхождение сорта не установлено. Средняя масса плода 12,5–20,0 г. Мякоть красная, плотная. Вкус сладкий с гармоничным ароматом. Средний срок созревания (8–20 июня).

Определение количества сухих веществ проводили по ГОСТ 28561-90, суммы сахаров – рефрактометрическим методом, общей (титруемой) кислотности – по ГОСТ ISO 750-2013, аскорбиновой кислоты (витамин С) – по ГОСТ 24556-89. Количество антоциановых пигментов определяли спектрофотометрическим методом на фотометре Lasa Agro 2800 (DR-2800). Содержание суммы антоцианов рассчитывали по формуле с применением удельного показателя поглощения цианидин-3,5-дигликозида в 1,0 % водном растворе соляной кислоты (453). Поглощение данных пигментов определяли на спектрофотометре при длине волны 510 нм. Для внесения поправки на содержание зеленых пигментов определяли оптическую плотность полученных пигментов при длине волны 657 нм. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакетов программ Microsoft Excel 2007 и многофакторного нелинейного регрессионного анализа «Аппроксимация экспериментальных данных с автоматическим подбором оптимального типа функции».

**Результаты исследований.** К основным показателям, определяющим качество плодов

земляники садовой, относятся содержание сухих веществ, сахаров, аскорбиновой кислоты (витамин С), титруемая (общая) кислотность.

В наших опытах сумма сухих веществ в плодах земляники садовой в годы исследований изменялась от 9,36 % у сорта Жанна до 14,00 % у сорта Кармен (табл. 1).

Наибольшее количество сухих веществ, превышающее средние значения по культуре, в погодных условиях 2021 г. отмечено в плодах сортов Зенга Зенгана и Кармен, в 2022 г. – в плодах сортов Зенга Зенгана и Жанна, в 2023 г. – в плодах сортов Кармен и Моллинг Сентинэри, в 2024 г. – в плодах сортов Азия и Моллинг Сентинэри. В среднем за годы исследований в плодах сортов Зенга Зенгана, Жанна, Кармен и Моллинг Сентинэри содержание сухих

веществ превышало 10,0 %. Наибольшее количество сухих веществ отмечено в плодах сорта Кармен и равнялось в среднем  $10,94 \pm 2,38$  %.

Наименьшее варьирование количества сухих веществ в плодах изучаемых сортов земляники садовой отмечено в погодных условиях 2022 г. ( $V = 6,97$  %). Низкую или среднюю вариабельность содержания в плодах сухих веществ от изменяющихся погодных условий вегетационного периода имеют сорта Азия ( $V = 7,65$  %), Жанна ( $V = 12,38$  %) и Моллинг Сентинэри ( $V = 12,36$  %), что позволяет рекомендовать их для дальнейшего использования в селекции при создании для условий Среднего Поволжья сортов земляники садовой со стабильным содержанием в плодах сухих веществ.

Таблица 1 – Химический состав ягод сортов земляники садовой

| Сорт                      | В 100 г сырой массы плодов |                 |                  |                  |                     |       |
|---------------------------|----------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|-------|
|                           | 2021 г.                    | 2022 г.         | 2023 г.          | 2024 г.          | $M_{cp} \pm \sigma$ | V, %  |
| Сумма сухих веществ, %    |                            |                 |                  |                  |                     |       |
| Зенга Зенгана             | 13,72                      | 9,75            | 9,61             | 9,87             | $10,74 \pm 1,99$    | 18,53 |
| Азия                      | 10,91                      | 9,08            | 9,69             | 10,05            | $9,93 \pm 0,76$     | 7,65  |
| Жанна                     | 12,06                      | 10,24           | 9,38             | 9,36             | $10,26 \pm 1,27$    | 12,38 |
| Кармен                    | 14,00                      | 8,66            | 11,59            | 9,50             | $10,94 \pm 2,38$    | 21,76 |
| Моллинг Сентинэри         | 11,93                      | 8,93            | 10,41            | 11,54            | $10,68 \pm 1,32$    | 12,36 |
| $M_{cp} \pm \sigma$       | $12,52 \pm 1,30$           | $9,33 \pm 0,65$ | $10,14 \pm 0,90$ | $10,16 \pm 0,87$ | -                   | -     |
| V, %                      | 10,38                      | 6,97            | 8,88             | 8,56             | -                   | -     |
| Сумма сахаров, %          |                            |                 |                  |                  |                     |       |
| Зенга Зенгана             | 6,30                       | 5,42            | 6,02             | 5,43             | $5,79 \pm 0,44$     | 7,60  |
| Азия                      | 6,93                       | 5,73            | 6,14             | 5,40             | $6,05 \pm 0,66$     | 10,91 |
| Жанна                     | 6,74                       | 6,78            | 5,92             | 5,28             | $6,18 \pm 0,72$     | 11,65 |
| Кармен                    | 7,98                       | 5,34            | 6,86             | 5,42             | $6,40 \pm 1,26$     | 19,69 |
| Моллинг Сентинэри         | 6,92                       | 5,07            | 6,54             | 6,73             | $6,31 \pm 0,84$     | 13,31 |
| $M_{cp} \pm \sigma$       | $6,97 \pm 0,62$            | $5,67 \pm 0,66$ | $6,30 \pm 0,39$  | $5,65 \pm 0,61$  | -                   | -     |
| V, %                      | 8,90                       | 11,64           | 6,19             | 10,80            | -                   | -     |
| Титруемая кислотность, %  |                            |                 |                  |                  |                     |       |
| Зенга Зенгана             | 1,15                       | 1,10            | 0,80             | 0,72             | $0,94 \pm 0,21$     | 22,34 |
| Азия                      | 0,82                       | 0,96            | 1,04             | 0,50             | $0,83 \pm 0,24$     | 28,92 |
| Жанна                     | 1,02                       | 0,70            | 0,86             | 0,48             | $0,76 \pm 0,23$     | 30,26 |
| Кармен                    | 1,02                       | 0,91            | 0,76             | 0,80             | $0,87 \pm 0,12$     | 13,79 |
| Моллинг Сентинэри         | 0,72                       | 0,71            | 0,76             | 0,56             | $0,69 \pm 0,09$     | 13,04 |
| $M_{cp} \pm \sigma$       | $0,95 \pm 0,17$            | $0,88 \pm 0,17$ | $0,84 \pm 0,12$  | $0,61 \pm 0,14$  | -                   | -     |
| V, %                      | 17,89                      | 19,32           | 14,29            | 22,95            | -                   | -     |
| Соотношение сахар/кислота |                            |                 |                  |                  |                     |       |
| Зенга Зенгана             | 5,48                       | 4,92            | 7,53             | 7,54             | $6,37 \pm 1,37$     | 21,51 |
| Азия                      | 8,45                       | 5,97            | 5,90             | 10,80            | $7,78 \pm 2,34$     | 30,08 |
| Жанна                     | 6,61                       | 9,69            | 6,88             | 11,00            | $8,54 \pm 2,15$     | 25,18 |
| Кармен                    | 7,82                       | 5,87            | 9,03             | 6,78             | $7,38 \pm 1,36$     | 18,43 |
| Моллинг Сентинэри         | 9,61                       | 7,14            | 8,61             | 12,02            | $9,34 \pm 2,05$     | 21,95 |
| $M_{cp} \pm \sigma$       | $7,59 \pm 1,60$            | $6,72 \pm 1,84$ | $7,59 \pm 1,27$  | $9,63 \pm 2,32$  | -                   | -     |
| V, %                      | 21,08                      | 27,38           | 16,73            | 24,09            | -                   | -     |

Результаты корреляционного анализа изменения в плодах содержания сухих веществ от погодных условий, складывающихся по периодам роста растений и формирования урожая, свидетельствуют, что у сорта Зенга Зенгана их количество в большей мере зависит от суммы среднесуточных температур воздуха выше +5 °С за май ( $r = 0,7218$ ) и относительной влажности воздуха за период в 14 дней до сбора ягод ( $r = 0,8253$ ). Содержание сухих веществ в плодах сорта Жанна во многом связано со значениями относительной влажности воздуха в течение 7 дней до уборки урожая ( $r = 0,8408$ ), у сорта Кармен – со среднесуточной температурой воздуха ( $r = 0,9862$ ) и максимальными значениями температуры воздуха ( $r = 0,9847$ ) в мае, у сортов Моллинг Сентинэри и Азия – с суммой среднесуточных температур воздуха выше +10 °С ( $r = 0,6399\dots 0,7743$ ) и максимальными значениями температуры воздуха ( $r = 0,6158\dots 0,7694$ ) в мае.

Содержание сахаров в 100 г ягод по сортам земляники садовой и годам исследований варьировало от 5,07 до 7,98 %. В среднем в плодах сорта Зенга Зенгана сумма сахаров составила  $5,79 \pm 0,44$  %, у сорта Азия –  $6,05 \pm 0,66$  %, у сорта Жанна –  $6,18 \pm 0,72$  %, у сорта Кармен –  $6,40 \pm 1,26$  % и у сорта Моллинг Сентинэри –  $6,31 \pm 0,84$  %. Наименьшее варьирование количества сахаров в плодах различных сортов земляники садовой отмечено в погодных условиях вегетационного периода 2023 г. ( $V = 6,19$  %), когда в течение 14 дней до сбора урожая конкретного сорта среднесуточная температура была на уровне 17,7...21,2 °С, сумма среднесуточных температур воздуха выше +5 °С и +10 °С составляла 248,2...333,2 °С, максимальные значения температуры воздуха равнялись 23,5...28,3 °С, а относительная влажность воздуха за данный период не превышала 45,0 %. Наименьшая вариабельность и более стабильное по годам содержание в плодах земляники сахаров выявлены при выращивании сортов Зенга Зенгана ( $V = 7,60$  %), Азия ( $V = 10,91$  %) и Жанна ( $V = 11,65$  %).

Данные тесноты корреляционной связи содержания сахаров в плодах с погодными условиями вегетационного периода земляники садовой показывают, что у сортов Азия, Зенга Зенгана и Кармен количество всех сахаров во многом связано с суммой среднесуточных температур выше +5 °С ( $r = 0,9192\dots 0,9968$ ) и значениями максимальной температуры воздуха ( $r = 0,9029\dots 0,9902$ ) в мае, у сорта Жанна с относительной влажностью воздуха в те-

чение 7 дней до сбора урожая, а у сорта Моллинг Сентинэри с суммой среднесуточных температур выше +10 °С и относительной влажностью воздуха за май.

Известно, что количество сухих веществ в плодах земляники в значительной степени определяется уровнем накопления сахаров, составляющих 50–60 % от их общего содержания. В наших опытах более 50,0 % сахаров от общего их содержания в сухом веществе выявлено в плодах практически всех сортов земляники, кроме сорта Зенга Зенгана, в условиях вегетации 2021 г. (табл. 2). Максимальное количество всех сахаров в сухом веществе (более 60,0 %), как правило, наблюдалось в плодах сортов Азия и Жанна с коэффициентом вариации от погодных условий по годам исследований на уровне 7,91...8,39 %.

Генетические особенности сорта и погодные условия в период вегетации земляники садовой оказывают значительное влияние на содержание в плодах органических кислот, которые на 80 % представлены лимонной кислотой. В небольшом количестве содержатся яблочная (0,05–0,20 %) и янтарная (0,02–0,10 %) кислоты, совокупность которых придает ягодам своеобразный оригинальный вкус [11]. Содержание титруемых кислот в ягодах должно быть 0,8–1,0 % [2, 10].

В наших опытах титруемая кислотность (количество свободных органических кислот и их солей) изучаемых сортов земляники садовой в пересчете на преобладающую лимонную кислоту ( $\kappa = 0,0064$ ) изменялась по годам от 0,48 до 1,15 %. Минимальная вариабельность содержания в плодах титруемых органических кислот анализируемых сортов земляники садовой отмечена в погодных условиях 2023 г. ( $V = 14,29$  %). Наиболее стабильное по годам количество органических кислот в плодах характерно для сортов Кармен ( $V = 13,79$  %) и Моллинг Сентинэри ( $V = 13,04$  %).

Титруемую кислотность на требуемом уровне (0,8–1,0 %) по годам исследований, как правило, имели сорта Азия ( $0,83 \pm 0,24$  %) и Кармен ( $0,87 \pm 0,12$  %). Отмечено, что накопление титруемых органических кислот в плодах земляники сорта Азия имеет обратную тесную корреляционную связь со среднесуточной температурой воздуха ( $r = -0,9189$ ) и максимальными значениями температуры воздуха ( $r = -0,9326$ ) в течение 7 дней до сбора урожая. По формированию количества органических кислот в плодах сорта Кармен прямая корреляционная связь выявлена с относительной влажно-

Таблица 2 – Количество сахаров и свободных органических кислот в сухом веществе ягод сортов земляники садовой

| Сорт   | В 100 г сухой массы плодов |           |           |           |                     |       |
|--|----------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|-------|
|  | 2021 г.                    | 2022 г.   | 2023 г.   | 2024 г.   | $M_{cp} \pm \sigma$ | V, %  |
| Общее количество сахаров, %                        |                            |           |           |           |                     |       |
| Зенга Зенгана                                      | 45,9                       | 55,6      | 62,4      | 55,0      | 54,7±6,77           | 12,38 |
| Азия   | 63,5                       | 63,1      | 63,4      | 53,7      | 60,9±4,82           | 7,91  |
| Жанна  | 55,9                       | 66,2      | 63,1      | 56,4      | 60,4±5,07           | 8,39  |
| Кармен   | 57,0                       | 61,7      | 59,2      | 57,1      | 58,8±2,21           | 3,76  |
| Моллинг Сентинэри                                  | 58,0                       | 56,8      | 62,8      | 58,3      | 59,0±2,63           | 4,46  |
| $M_{cp} \pm \sigma$                                | 56,1±6,39                  | 60,7±4,42 | 62,2±1,71 | 56,1±1,80 | -                   | -     |
| V, %   | 11,39                      | 7,28      | 2,75      | 3,21      | -                   | -     |
| Свободные органические кислоты и их кислые соли, % |                            |           |           |           |                     |       |
| Зенга Зенгана                                      | 8,38                       | 11,28     | 8,32      | 7,29      | 8,82±1,72           | 19,50 |
| Азия   | 7,52                       | 10,57     | 10,73     | 4,98      | 8,45±2,74           | 32,43 |
| Жанна  | 8,46                       | 6,84      | 9,17      | 5,13      | 7,40±1,80           | 24,32 |
| Кармен   | 7,29                       | 10,51     | 6,56      | 8,42      | 8,20±1,72           | 20,98 |
| Моллинг Сентинэри                                  | 6,04                       | 7,95      | 7,30      | 4,85      | 6,54±1,37           | 20,95 |
| $M_{cp} \pm \sigma$                                | 7,54±0,98                  | 9,43±1,92 | 8,42±1,63 | 6,13±1,62 | -                   | -     |
| V, %   | 13,00                      | 20,36     | 19,36     | 26,42     | -                   | -     |

стью воздуха как за 14 дней ( $r = 0,8406$ ) дней, так и за 7 дней ( $r = 0,8337$ ) до созревания ягод. Данные сорта рекомендуется использовать в селекции земляники садовой в качестве источников ценных хозяйственных признаков по содержанию в плодах свободных органических кислот и их солей.

В абсолютном сухом веществе ягод содержание органических кислот по сортам в годы исследований изменялось от 5,13 до 11,28 %. Количество органических кислот и их солей в сухом веществе плодов земляники в интервале в среднем от 6,0 до 8,0 % наблюдалось у сортов Жанна и Моллинг Сентинэри, что также можно учитывать и использовать их в селекции земляники садовой по созданию для условий Поволжья новых сортов данной культуры с высокими потребительскими свойствами плодов.

Соотношение сахаров и органических кислот – сахарокислотный индекс наилучшим образом отражает вкусовые качества ягод земляники садовой. Наиболее благоприятное сочетание сахара и кислоты – на уровне 6–8 [12]. В наших опытах соотношение сахаров к количеству органических кислот в плодах изучаемых сортов земляники садовой в зависимости от погодных условий по годам исследований изменялось от 5,48 до 12,02 о.е. Благоприятные значения сахарокислотного индекса, отражающие хорошие вкусовые качества ягод земляники, в среднем за годы исследований отме-

чены у сортов Зенга Зенгана (6,37±1,37), Азия (7,78±2,34) и Кармен (7,38±1,36).

Более стабильным по годам ( $V = 18,43$  %) и гармоничным соотношением сахаров и органических кислот в большей мере характеризуются плоды земляники сорта Кармен. Формирование хороших вкусовых качеств ягод земляники садовой данного сорта тесную прямую корреляционную связь имеет с суммой среднесуточных температур воздуха выше +10 °C ( $r = 0,8265$ ) и максимальной температурой воздуха ( $r = 0,8036$ ) в мае. Обратная корреляционная связь средней силы отмечена с суммой среднесуточных температур выше +5 °C и +10 °C ( $r = -0,5621$ ), максимальной температурой воздуха ( $r = -0,5048$ ) и относительной влажностью воздуха ( $r = -0,5099$ ) за период в течение 7 дней до сбора плодов.

Наибольшей биологической активностью из содержащихся в ягодах земляники витаминов обладает аскорбиновая кислота (витамин С) [9], которая участвует в окислительно-восстановительных процессах живого организма, имеет способность обезвреживать токсины, что делает ягоду ценным источником этого витамина в питании человека. Для удовлетворения суточной потребности организма человека в витамине С (90 мг) достаточно 150–250 г свежих плодов земляники. В зависимости от зоны выращивания и сорта в плодах земляники садовой содержится 25...130 мг% аскорбиновой кислоты. Сорта земляники

с содержанием до 40 мг% витамина С считают низковитаминными, от 40 до 60 мг% – средне-витамиными, от 60 до 80 мг% – высоковитамиными, от 100 мг% и более – особенно витаминными [5].

Результаты наших исследований показали, что в условиях лесостепи Среднего Поволжья количество аскорбиновой кислоты в плодах земляники садовой в зависимости от сорта и погодных условий вегетационного периода изменяется от 38,0 до 88,0 мг% (табл. 3). Наибольшее количество витамина С в плодах изучаемые сорта земляники, как правило, формировали в погодных условиях 2022 и 2024 гг., когда в течение мая среднесуточная температура воздуха составляла 10,2...11,8 °С, сумма среднесуточных температур воздуха выше +5 °С была на уровне 325,5...355,5 °С, выше +5 °С – 183,0...281,3 °С, а максимальные значения температуры за данный период изменялись от 17,0 до 18,8 °С.

Превышение уровня содержания витамина С в 60 мг% (высоковитаминные сорта) в среднем за годы исследований отмечено в плодах земляники сортов Кармен (72,0±12,56 мг%) и Моллинг Сентинэри (63,0±16,13 мг%) с вариабельностью от изменяющихся погодных условий вегетационного периода соответственно 17,44 и 25,60 %. Отмечено, что наибольшее количество аскорбиновой кислоты в плодах сорта Кармен во многом связано с особенностями

ми генотипа и меньше зависит от погодных условий вегетационного периода. По данным корреляционного анализа, содержание витамина С в плодах данного сорта с температурным фактором по периодам роста растений и формирования урожая имеет обратную связь средней или слабой силы.

В сухом веществе ягод от изменяющихся погодных условий в период вегетации анализируемых сортов земляники садовой содержание аскорбиновой кислоты изменялось от 332,4 до 1016,2 мг% (табл. 4).

В среднем за годы исследований в сухом веществе ягод земляники наибольшее количество витамина С (600 мг% и более), как и в 100 г сырой массы, отмечено у сортов Кармен и Моллинг Сентинэри.

Биологическая ценность плодов земляники садовой в значительной степени зависит от таких важных полифенольных соединений, как антоцианы. Они подавляют образование свободных радикалов, которые отрицательно окисляют многие соединения и повреждают клеточные мембраны, белки, липиды, ферменты и генетический материал. Согласно рекомендациям российских ученых, необходимый уровень потребления антоцианов должен составлять 50–150 мг в сутки [14]. В плодах земляники антоцианы составляют 58,1–81,0 % от общего содержания фенольных соединений [16].

Таблица 3 – Содержание биологически активных веществ в ягодах сортов земляники садовой

| Сорт                                    | В 100 г сырой массы плодов |            |            |            |                     |       |
|---|----------------------------|------------|------------|------------|---------------------|-------|
|   | 2021 г.                    | 2022 г.    | 2023 г.    | 2024 г.    | $M_{cp} \pm \sigma$ | V, %  |
| Полифенольные вещества (антоцианы), мг% |                            |            |            |            |                     |       |
| Зенга Зенгана                           | 50,0                       | 46,8       | 31,8       | 34,9       | 40,9±8,88           | 21,71 |
| Азия                                    | 40,2                       | 33,4       | 32,9       | 26,7       | 33,3±5,52           | 16,58 |
| Жанна                                   | 21,4                       | 33,6       | 44,9       | 24,8       | 31,2±10,50          | 33,65 |
| Кармен                                  | 33,9                       | 33,9       | 58,2       | 74,2       | 50,1±19,76          | 39,44 |
| Моллинг Сентинэри                       | 23,5                       | 27,4       | 30,4       | 43,0       | 31,1±8,44           | 27,14 |
| $M_{cp} \pm \sigma$                     | 33,8±11,87                 | 35,0±7,12  | 39,6±11,88 | 40,7±20,06 | -                   | -     |
| V, %                                    | 35,12                      | 20,34      | 30,00      | 49,29      | -                   | -     |
| Аскорбиновая кислота (витамин С), мг%   |                            |            |            |            |                     |       |
| Зенга Зенгана                           | 45,6                       | 42,4       | 38,0       | 56,4       | 45,6±7,85           | 17,21 |
| Азия                                    | 50,4                       | 52,0       | 57,8       | 62,6       | 55,7±5,59           | 10,04 |
| Жанна                                   | 47,8                       | 67,5       | 51,0       | 55,3       | 55,4±8,63           | 15,58 |
| Кармен                                  | 58,8                       | 88,0       | 74,9       | 66,1       | 72,0±12,56          | 17,44 |
| Моллинг Сентинэри                       | 52,8                       | 77,8       | 45,8       | 75,7       | 63,0±16,13          | 25,60 |
| $M_{cp} \pm \sigma$                     | 51,1±5,09                  | 65,5±18,56 | 53,3±13,64 | 63,2±8,27  | -                   | -     |
| V, %                                    | 9,96                       | 28,34      | 25,59      | 13,08      | -                   | -     |

Таблица 4 – Количество биологически активных веществ в сухом веществе ягод сортов земляники садовой

| Сорт                                    | В 100 г сухой массы плодов |             |             |             |                     |       |
|---|----------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------|
|   | 2021 г.                    | 2022 г.     | 2023 г.     | 2024 г.     | $M_{cp} \pm \sigma$ | V, %  |
| Полифенольные вещества (антоцианы), мг% |                            |             |             |             |                     |       |
| Зенга Зенгана                           | 364,4                      | 480,0       | 330,9       | 353,6       | 382,2±66,7          | 17,45 |
| Азия                                    | 368,5                      | 367,8       | 339,5       | 265,7       | 335,4±48,4          | 14,43 |
| Жанна                                   | 177,4                      | 328,1       | 478,7       | 264,9       | 312,3±127,0         | 40,67 |
| Кармен                                  | 242,1                      | 391,4       | 502,2       | 781,1       | 479,2±227,7         | 47,52 |
| Моллинг Сентинэри                       | 197,0                      | 306,8       | 292,0       | 372,6       | 292,1±72,4          | 24,79 |
| $M_{cp} \pm \sigma$                     | 269,9±91,2                 | 374,8±67,4  | 388,6±95,0  | 407,6±214,6 | -                   | -     |
| V, %                                    | 33,79                      | 17,98       | 24,45       | 50,65       | -                   | -     |
| Аскорбиновая кислота (витамин С), мг%   |                            |             |             |             |                     |       |
| Зенга Зенгана                           | 332,4                      | 434,9       | 395,4       | 571,4       | 433,5±101,1         | 23,32 |
| Азия                                    | 462,0                      | 572,7       | 596,5       | 622,9       | 563,5±70,7          | 12,55 |
| Жанна                                   | 396,4                      | 659,2       | 543,7       | 590,8       | 547,5±111,4         | 20,35 |
| Кармен                                  | 420,0                      | 1016,2      | 646,2       | 695,8       | 694,6±245,7         | 35,37 |
| Моллинг Сентинэри                       | 442,6                      | 871,2       | 440,0       | 656,0       | 602,4±205,8         | 34,16 |
| $M_{cp} \pm \sigma$                     | 410,7±50,2                 | 710,8±232,8 | 524,4±105,1 | 627,4±50,0  | -                   | -     |
| V, %                                    | 12,22                      | 32,75       | 20,04       | 7,97        | -                   | -     |

Количественное содержание компонентов антоцианового профиля определяется генотипом земляники и варьирует в широких пределах: от 5 до 100 мг и более на 100 г мякоти плодов [7]. При этом максимальное их количество приходится на стадию потребительской зрелости плодов. Исходя из установленного среднего уровня накопления антоцианов, равного 50,0 мг%, и принимая за единицу градации признака 20,0 мг%, И. В. Лукьянчук и Е. В. Жбанова [8] предлагают генотипы земляники по содержанию антоцианов подразделять на 5 групп: очень низкое (30,0 мг% и ниже); низкое (30,1–50,0 мг%); среднее (50,1–70,0 мг%); высокое (70,1–90,0 мг%) и очень высокое (90,1 мг% и более).

В наших опытах содержание суммы антоцианов в пересчете на цианидин-3-глюкозид в 100 г свежих ягод изучаемых сортов земляники садовой, как правило, было низким и изменялось в среднем от 33,8 до 40,7 мг с сортовой вариабельностью 20,34...49,29 %, а в 100 г сухого вещества – от 177,4 до 781,1 мг при коэффициенте вариации 17,98...50,65 %. В среднем за годы исследований наибольшее количество антоцианов в сырой массе и сухом веществе отмечено в плодах сорта Кармен, но их содержание сильно варьировало по годам в зависимости от агрометеорологических условий, складывающихся по периодам роста растений и формирования урожая ягод.

Более 40,0 мг% антоцианов, при средней вариабельности их содержания по годам, накапливают плоды земляники сорта Зенга Зенгана. Количество антоциановых веществ в плодах данного сорта имеет обратную тесную корреляционную связь со среднесуточной температурой воздуха ( $r = -0,8185$ ), суммой среднесуточных температур воздуха выше +5 °C и +10 °C ( $r = -0,8167$ ), значениями максимальной температуры воздуха ( $r = -0,8079$ ) и тесную прямую связь с относительной влажностью воздуха ( $r = 0,9776$ ) за период в течение 14 дней до сбора урожая ягод.

**Заключение.** В условиях лесостепи Среднего Поволжья наибольшее содержание сухих веществ в плодах земляники садовой формирует сорт Кармен, количество которых имеет прямую тесную корреляционную связь со среднесуточной и максимальными значениями температуры воздуха в течение мая. Низкой или средней вариабельностью содержания в ягодах сухих веществ от погодных условий вегетационного периода характеризуются сорта Азия, Жанна и Моллинг Сентинэри.

Содержание сахаров в 100 г ягод земляники составляет в среднем 5,79...6,40 %. Более стабильное по годам количество сахаров в плодах сортов Зенга Зенгана и Жанна. Титруемую кислотность в плодах на оптимальном уровне (0,8...1,0 %), как правило, имеют сорта Азия и Кармен. Благоприятные значения

сахарокислотного индекса, отражающие хорошие вкусовые качества ягод земляники, отмечены у сортов Зенга Зенгана, Азия и Кармен. Более стабильное по годам и гармоничное соотношение сахаров и органических кислот в плодах сорта Кармен и имеет тесную прямую корреляционную связь с суммой среднесуточных температур воздуха выше +10 °С и значениями максимальной температуры воздуха в мае.

Количество аскорбиновой кислоты в плодах земляники в зависимости от сорта и погодных условий вегетационного периода изменяется от 38,0 до 88,0 мг%. Более 60,0 мг% (высоковитаминные сорта) накапливают сорта Кармен и Моллинг Сентинэри. В плодах сорта Кармен содержание витамина С в большей мере связано с особенностями генотипа и меньше зависит от погодных условий вегетационного периода. Содержание антоцианов в плодах изучаемых сортов земляники низкое и варьирует в среднем от 33,8 до 40,7 мг%. Более 40,0 мг% антоцианов, при средней вариабельности их содержания по годам, накапливают плоды сорта Зенга Зенгана.

При создании новых генотипов земляники садовой улучшенного биохимического состава плодов на максимальное количество в ягодах сухих веществ и сахаров, оптимальное содержание в них титруемых органических кислот, гармоничное сочетание в плодах сахаров и органических кислот в качестве источника ценных хозяйственных признаков целесообразно использовать сорта Кармен и Азия.

### Список источников

1. Плоды земляники садовой (*Fragaria × ananassa Duch.*) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ (обзор) / М. Ю. Акимов, И. В. Лукъянчук, Е. В. Жбанова, А. С. Лыжин // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 5–18.
2. Арифова З. И., Смыков А. В. Взаимосвязь химического состава и вкусовых качеств ягод земляники // Бюллетень ГНБС. 2021. № 140. С. 52–59.
3. Блиникова О. М., Новикова И. М., Елисеева Л. Г. Перспективы развития рынка ягод земляники // Наука и образование. 2020. Т. 3, № 2. С. 303.
4. Блиникова О. М., Новикова И. М., Галкина А. В. Пищевая ценность ягод земляники садовой, культивируемой в ЦЧР // Садоводы – за здоровье-сбережение нации!: материалы научно-практической конференции, Мичуринск-научоград РФ, 14–15 сентября 2023 г. Мичуринск: ООО «Группа компаний МПФ», 2023. С. 94–97.
5. Дулов М. И. Уборка урожая, хранение и переработка плодов малины и земляники // Инноваци-

онные технологии в науке и образовании: монография. Петрозаводск, 2021. С. 4–24.

6. Жбанова Е. В., Лукъянчук И. В. Биохимические показатели качества плодов перспективных сортов и отборных форм земляники в условиях Центрально-Черноземного района // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 2 (34). С. 30–38.
7. Зубов А. А. Теоретические основы селекции земляники. РАСХН. ГНУ ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина. Мичуринск: ВНИИГиСПР, 2004. 196 с.
8. Лукъянчук И. В., Жбанова Е. В. Оценка содержания антоцианов в плодах земляники в полевых условиях // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 67 (1). С. 66–90.
9. Макаркина М. А., Павел А. Р. Биологически активные вещества в ягодах земляники, выращенной в условиях Орловской области // Современное садоводство. 2017. № 2 (22). С. 10–16.
10. Мегердичев Е. Я. Технологические требования к сортам овощных и плодовых культур, предназначенным для различных видов консервирования. Москва: Россельхозакадемия, 2003. 95 с.
11. Садоводство в Среднем Поволжье / А. Н. Минин, А. А. Кузнецов, М. И. Антипенко [и др.]. Самара: Слово, 2021. 635 с.
12. Причко Т. Г., Германова М. Г. Пищевая и биологическая ценность ягод перспективных сортов земляники, произрастающих на юге России // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. 45. С. 137–144.
13. Продуктивность и качество ягод земляники садовой в условиях Тульской области / С. А. Брюхина, Ю. В. Трунов, А. Ю. Меделяева, А. Ю. Коршунов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (73). С. 24–28.
14. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: методические рекомендации. Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 46 с.
15. Ягоды: химический состав, антиоксидантная активность. Влияние потребления ягод на здоровье человека / А. Я. Яшин, А. Н. Веденин, Я. И. Яшин, Б. В. Немзер // Аналитика. 2019. Т. 9. № 3. С. 222–230.
16. Zamor'ska I. L., Zamor'ska V. V. Fenol'ni rehovini v yagodah sunici // Zbirnik naukovih prac' Uman'skogo NUS. Uman', 2013. 82 (1): 18-23.

### References

1. Plody zemlyaniki sadovoj (*Fragaria × ananassa Duch.*) kak cennyj istochnik pishchevyh i biologicheski aktivnyh veshchestv (obzor) / M. Yu. Akimov, I. V. Luk'yanchuk, E. V. Zhdanova, A. S. Lyzhin // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2020. № 1. С. 5–18.
2. Arifova Z. I., Smykov A. V. Vzaimosvyaz' himicheskogo sostava i vkusovyh kachestv yagod zemlyaniki // Byulleten' GNBS. 2021. № 140. S. 52–59.

3. Blinnikova O. M., Novikova I. M., Eliseeva L. G. Perspektivy razvitiya rynka yagod zemlyaniki // Nauka i obrazovanie. 2020. T. 3, № 2. S. 303.

4. Blinnikova O. M., Novikova I. M., Galkina A. V. Pishchevaya cennost' yagod zemlyaniki sado-voj, kul'tiviruemoj v CCHR // Sadovody – za zdorov'esberezhenie natsii!: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii, Michurinsk-naukograd RF, 14–15 sentyabrya 2023 g. Michurinsk: OOO «Gruppa kompanij MPF», 2023. S. 94–97.

5. Dulov M. I. Uborka urozhaya, hranenie i pererabotka plodov maliny i zemlyaniki // Innovacionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii: monografiya. Petrozavodsk, 2021. S. 4–24.

6. Zhbanova E. V., Luk'yanchuk I. V. Biohimicheskie pokazateli kachestva plodov perspektivnyh sortov i otbornykh form zemlyaniki v usloviyah Central'no-Chernozemnogo rajona // Tavricheskij vestnik agrarnoy nauki. 2023. № 2 (34). S. 30–38.

7. Zubov A. A. Teoreticheskie osnovy selekcii zemlyaniki. RASKHN. GNU VNIIGiSPR im. I. V. Michurina. Michurinsk: VNIIGiSPR, 2004. 196 s.

8. Luk'yanchuk I. V., Zhbanova E. V. Ocenka sodержaniya antocianov v plodah zemlyaniki v polevykh usloviyah // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2021. № 67 (1). S. 66–90.

9. Makarkina M. A., Pavel A. R. Biologicheskii aktivnye veshchestva v yagodah zemlyaniki, vyrashchen-

noj v usloviyah Orlovskoy oblasti // Sovremennoe sadovodstvo. 2017. № 2 (22). S. 10–16.

10. Megerdichev E. Ya. Tekhnologicheskie trebovaniya k sortam ovoshchnykh i plodovykh kul'tur, prednaznachennym dlya razlichnykh vidov konservirovaniya. Moskva: Rossel'hozokademiya, 2003. 95 s.

11. Sadovodstvo v Srednem Povolzh'e / A. N. Minin, A. A. Kuznecov, M. I. Antipenko [i dr.]. Samara: Slovo, 2021. 635 s.

12. Prichko T. G., Germanova M. G. Pishchevaya i biologicheskaya cennost' yagod perspektivnykh sortov zemlyaniki, proizrastayushchih na yuge Rossii // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2016. T. 45. S. 137–144.

13. Produktivnost' i kachestvo yagod zemlyaniki sadovoj v usloviyah Tul'skoj oblasti / S. A. Bryuhina, Yu. V. Trunov, A. Yu. Medelyaeva, A. Yu. Korshunov // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 2 (73). S. 24–28.

14. Rekomenduemye urovni potrebleniya pishchevykh i biologicheskii aktivnykh veshchestv: metodicheskie rekomendacii. Moskva: Federal'nyj centr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. 46 s.

15. Yagody: himicheskij sostav, antioksidantnaya aktivnost'. Vliyanie potrebleniya yagod na zdorov'e cheloveka / A. Ya. Yashin, A. N. Vedenin, Ya. I. Yashin, B. V. Nemzer // Analitika. 2019. T. 9. № 3. S. 222–230.

16. Zamor'ska I. L., Zamor'ska V. V. Fenol'ni rehovini v yagodah sunici // Zbirnik naukovih prac' Uman'skogo NUS. Uman', 2013. 82 (1): 18–23.

#### Сведения об авторах:

**М. И. Дулов** <sup>✉</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-7118-9520>;

**М. И. Антипенко**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-8255-7114>

ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», тер. Опытная станция по садоводству, 100, Самара, Россия, 443072

<sup>✉</sup>dulov-tehfak@mail.ru

Original article

## INFLUENCE OF THE VARIETY AND AGROMETEOROLOGICAL CONDITIONS ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF BERRIES OF GARDEN STRAWBERRY IN THE MIDDLE VOLGA REGION

**Mikhail I. Dulov** <sup>✉</sup>, **Maria I. Antipenko**

Scientific Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants 'Zhiguli Gardens', Samara, Russia

<sup>✉</sup>dulov-tehfak@mail.ru

**Abstract.** *The garden strawberry berries are in high demand with customers due to their delicate taste and richness of biologically active compounds. The genetic features of the variety, weather conditions during the periods of plant growth and crop formation have a significant impact on the biochemical composition of strawberry berries, determine their taste and technological qualities. The purpose of the study is to assess and determine the degree of closeness of the correlation of the biochemical composition of the garden strawberry berries and the agrometeorological conditions of the growing season, to identify the best genotypes for industrial production and further use in the selection to improve the chemical composition of berries. The research was carried out on the basis of the Research Institute 'Zhiguli Gardens' in 2021–2024. The evaluation of varieties according to the chemical composition of berries was carried out in accordance with generally accepted methods. The research results determined that the Carmen variety formed the highest dry matter content in the berries of the strawberry. The sugar content*

in 100 g of berries was on average 5.79...6.40 %. The amount of sugars in the berries of the Zenga Zengana and Zhanna varieties was more stable over the years. The Asia and Carmen varieties had titrated acidity in berries at an optimal level (0.8...1.0 %). Favorable values of the sugar-acid index were noted in the Zenga Zengana, Asia and Carmen varieties. The amount of ascorbic acid in strawberry berries, depending on the variety and agrometeorological conditions, varies from 38.0 to 88.0 mg %, anthocyanins – on average from 33.8 to 40.7 mg %. When developing new types of garden strawberries with improved biochemical composition of berries for the maximum amount of dry substances and sugars in berries, the optimal content of titrated organic acids in them, a harmonious combination of sugars and organic acids in fruits, it is advisable to use the Carmen and Asia varieties as a source of valuable economic characteristics.

**Key words:** garden strawberry, variety, fruits, agrometeorological conditions, biochemical composition, correlation.

**For citation:** Dulov M. I., Antipenko M. I. Influence of varieties and agrometeorological conditions on the biochemical composition of berries of garden strawberry in the Middle Volga region // Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy. 2024; 4(80): 31-40. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2024\\_4\\_31-40](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_4_31-40).

#### Authors:

**M. I. Dulov**✉, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-7118-9520>;

**M. I. Antipenko**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-8255-7114>

Scientific Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants 'Zhiguli Gardens', 100,

Experimental gardening station, Samara, Russia, 443072

✉dulov-tehfak@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 17.06.2024; одобрена после рецензирования 09.10.2024;

принята к публикации 26.11.2024.

The article was submitted 17.06.2024; approved after reviewing 09.10.2024; accepted for publication 26.11.2024.

Научная статья

УДК 633.2.03(255):631.531.04

DOI 10.48012/1817-5457\_2024\_4\_40-46

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСКОРЕННОГО ПЕРЕЗАЛУЖЕНИЯ ПОЙМЕННОГО ЛУГА

**Еряшев Александр Павлович**✉, **Гурьянов Александр Михайлович**

Мордовский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, Саранск, Россия

✉eryashev\_alex@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследований – научное обоснование высокой продуктивности, динамики ботанического состава, экономической и энергетической эффективности агроценозов наиболее распространенных бобовых многолетних трав с тимофеевкой при ускоренном перезалужении пойменного луга в условиях Республики Мордовия. Опыты выполнены в 2018–2021 гг. на пойме р. Тавла в ГУП «Луховское» городского округа г. Саранска. Сравнивалась продуктивность естественного неуплощенного пойменного луга и травостоев из тимофеевки луговой (8 кг/га) без удобрений, на фоне  $P_{80}K_{100}$ ,  $P_{80}K_{100} + N_{90} + N_{60}$ , смеси тимофеевки луговой с люцерной синегридной и козлятником восточным, люцерны и козлятника на фоне  $P_{80}K_{100}$  при ускоренном перезалужении. Нормы высева люцерны 12, козлятника 30 кг/га семян 100 %-ной посевной годности. В смесях норма высева злакового 30 % и бобового компонента 70 % от нормы, применяемой в одновидовом посеве. Показана эффективность коренного улучшения естественного луга тимофеевкой луговой, бобовыми травами и их смесями на неуплощенном и удобренных фонах минерального питания. Выявлено, что в среднем за годы исследований наибольший сбор переваримого протеина (1,33 т/га), максимальная стоимость продукции (78,9 тыс. руб./га), сбор валовой энергии (182,3 ГДж/га) условно чистый (58,4 тыс. руб./га) и энергетический доход (58,4 ГДж/га), экономический эффект