УДК 631.589.2

СВЯЗЬ ДЕФИЦИТА CO_2 И ТЕМПЕРАТУРЫ С УРОЖАЙНОСТЬЮ САЛАТА КРИСПЕНЗА НА ВЕРТИКАЛЬНОЙ ГИДРОПОННОЙ ФЕРМЕ

С.А. Марченко, лаборант-исследователь,
И.А. Тимофеенко, канд. физ.-мат. наук, руководитель лаборатории
Междисциплинарная лаборатория сити-фарминга,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
г. Красноярск, Российская Федерация
sergey_marchenko_1999@mail.ru

Аннотация. По данным вертикальной гидропонной фермы (139 полок) оценена связь урожайности салата Криспенза с длительностью дефицита CO_2 (<500 и <600 ppm) по стадиям выращивания и с температурой. Урожайность снижалась при дефиците CO_2 на стадии рассады (от 1 суток при 500 ppm, от 2 – при 600 ppm), но не при доращивании; связь с температурой положительна только при отсутствии дефицита CO_2.

Abstract. Using data from a vertical hydroponic farm (139 shelves), the relationship of lettuce cv. Crispenza yield with CO_2 deficit duration (<500 and <600 ppm) by growth stage and with temperature was assessed. Yield decreased with CO_2 deficit at the seedling stage (from 1 day at 500 ppm, from 2 days at 600 ppm) but not at the growing-on stage; the effect of temperature was positive only in the absence of CO_2 deficit.

Ключевые слова: вертикальная ферма, гидропоника, салат, концентрация CO_2, температура, урожайность.

Keywords: vertical farm, hydroponics, lettuce, CO_2 concentration, temperature, yield.

Введение

Закрытые вертикальные фермы обеспечивают круглогодичное производство зеленных культур при контролируемых температуре, влажности, PPFD (плотность фотосинтетического потока фотонов) и концентрации CO_2 [1, 2]. При достаточной освещённости CO_2 может ограничивать фотосинтез и накопление биомассы [3], а его повышенная концентрация снижает отрицательное влияние высокой температуры [4]; эффект может зависеть от стадии развития растений. Цель работы – оценить связь длительности дефицита CO_2 и температуры на стадиях рассады и доращивания с урожайностью салата сорта Криспенза (*Lactuca sativa* L.) на действующей вертикальной ферме.

Основная часть

Данные собраны в феврале–июле 2026 г.: 139 полок, урожайность – товарная масса на 35-е сутки после посева, кг/м². За 35 суток до уборки регистрировали среднесуточные CO_2 (в среднем 661±50 ppm) и температуру. Полки группировали по числу суток с

CO_2 ниже 500 и 600 ppm на стадиях рассады (2–13-е сутки) и доращивания (14–35-е); температуру – по квартилям с учётом совпадающих значений. Различия оценивали ANOVA с критериями Тьюки или Геймса–Хоуэлла (при неоднородности дисперсий), $p < 0{,}05$. Снижение урожайности связано с дефицитом CO_2 только на стадии рассады (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность Криспензы при снижении CO_2

Порог, ppm	Сутки < порога (стадия)	n	Урожайность, кг/м²
500	0	100	3,592 a
500	2 (дор.)	16	3,680 a
500	1 (расс.)	10	3,207 b
500	2 (расс.)	13	3,076 b
600	0	20	3,715 c
600	1 (расс.)	31	3,430 c
600	2 (расс.)*	10	3,207 d
600	4 (расс.)*	13	3,076 d
600	1 (дор.)	49	3,645 c
600	3 (дор.)	9	3,673 c
600	3 (дор.) / 1 (расс.)	7	3,689 c

Разные буквы – различия значимы при $p < 0{,}05$; ряды 500 и 600 ppm сравнивали независимо. *те же полки, что в группах 1 и 2 сут (расс.) при 500 ppm.

Связь с температурой доращивания проявлялась только при отсутствии дефицита CO_2 <600 ppm на стадии рассады: урожайность в верхнем квартиле (Q4) значимо превышала Q1–Q3; при наличии дефицита различий между квартилями не было (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность Криспензы при разной температуре доращивания

Дефицит CO_2 <600 ppm на стадии рассады	T, °C (квартиль)	n	Урожайность, кг/м²
нет	22,0–23,2 (Q1)	20	3,362 a
нет	23,3–23,4 (Q2)	22	3,578 a
нет	23,4–23,8 (Q3)	15	3,701 a
нет	23,8–24,0 (Q4)	18	4,182 b
есть	21,7–23,0 (Q1)	18	3,206 c
есть	23,2–23,3 (Q2)	19	3,309 c
есть	23,3–23,4 (Q3)	12	3,570 c
есть	23,4–23,5 (Q4)	11	3,329 c

Разные буквы – различия значимы при $p < 0{,}05$; ряды «нет» и «есть» сравнивали независимо.

Заключение

Урожайность Криспензы на 35-е сутки связана с длительностью дефицита CO_2 на стадии рассады: при пороге 500 ppm – уже от 1 суток, при 600 ppm – от 2 суток; на стадии доращивания значимого влияния не выявлено. Положительная связь урожайности с температурой доращивания проявляется только при отсутствии дефицита CO_2. Для системы управления микроклиматом это означает приоритет поддержания CO_2 ≥600 ppm в первые 13 суток выращивания; причинный характер связей требует проверки в контролируемом эксперименте.

Список использованной литературы

1. Gargaro M., Murphy R. J., Harris Z. M. Let-us investigate; A meta-analysis of influencing factors on lettuce crop yields within controlled-environment agriculture systems // Plants. – 2023. – Vol. 12, № 14. – P. 2623.

2. Roy A. S. et al. Vertical farming: a sustainable agriculture format of the future // International Journal of Research in Agronomy. – 2024. – Vol. 7. – P. 308–314.

3. Lee Y. B., Park M. H. Effects of CO_2 concentration, light intensity and nutrient level on growth of leaf lettuce in a plant factory // Acta Horticulturae. – 2001. – № 548. – P. 377–384.

4. Taub D. R., Seemann J. R., Coleman J. S. Growth in elevated CO_2 protects photosynthesis against high-temperature damage // Plant, Cell & Environment. – 2000. – Vol. 23, № 6. – P. 649–656.

УДК 631.15

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСТРОЙКА МОЛОТИЛКИ КОМБАЙНА ПРИ УБОРКЕ ЗЕРНА НА ПЛЮЩЕНИЕ И КОНСЕРВИРОВАНИЕ

В.А. Смелик, д-р техн. наук, профессор,
А.Н. Перекопский, канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
smelik_va@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований настройки рабочих органов молотилки зерноуборочного комбайна при уборке фуражного зерна на плющение и консервирование.

Abstract. The article presents the results of studies on the adjustment of the working parts of a grain harvester when harvesting fodder grain for flattening and preservation.

Ключевые слова: технология, зерноуборочный комбайн, плющение зерна, потери.

Key world: technology, combine harvester, flattening of grain, losses.