

**РОСТ И РАЗВИТИЕ МИКРОЗЕЛЕНИ КАПУСТЫ КИТАЙСКОЙ ПРИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРЕПАРАТОВ ВОДОРОСЛИ *CHLORELLA VULGARIS*****Н.П. Дмитривич<sup>1</sup>, Д.С. Петухов<sup>2</sup>, М.А. Мартинчик<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Полесский государственный университет, Пинск, natali-rigo@mail.ru<sup>2</sup>ООО «Роял Фрут Бел», Молодечно<sup>3</sup>ООО «ВЕЛЕС МИТ», Борисов

**Введение.** В настоящее время микрозелень очень популярна и находит довольно широкое применение в качестве добавки к пище, способной улучшать не только внешний вид, но также вкус и текстуру блюд. Сбор урожая микрозелени происходит сразу после разрастания семядольных листьев, т.е. в основном через 5–12 дней после посева. Такую овощную зелень следует отличать от проростков и взрослой зелени [3, 6, 8].

Одним из основных преимуществ микрозелени является то, что она богата витаминами, микро- и макроэлементами. Отмечено, что микрозелень может содержать в своем составе примерно в пять раз больше витаминов и каротиноидов, чем в аналогичные зрелые растения [8, 9]. В частности китайская капуста или Бок-чой обладает отличным освежающим вкусом и содержит большое количество витамина С, поэтому пригодна как для свежего потребления, так и в кулинарии.

Одновременно с ростом интереса к микрозелени, в растениеводстве наблюдается общемировая тенденция ухода от химических удобрений в сторону ведения натурального хозяйства и применения естественных стимуляторов роста. Выращивание микрозелени в контролируемых условиях производственных помещений также требует применения стимуляторов роста для получения урожая в более сжатые сроки. Использование суспензии хлореллы как биостимулятора может стать перспективным решением. Данная водоросль является универсальным удобрением, подходящим практически для любого типа растений. Ее применение способно улучшить качество почвы, ускорить проращивание семян, укрепить корневую систему, активизировать иммунитет растения, а также повысить урожайность плодов и декоративность цветов [5, 7].

**Цель исследования:** определить влияние коммерческого препарата и лабораторной суспензии водоросли *Chlorella vulgaris* на процессы роста и развития микрозелени капусты китайской.

**Материалы и методы исследования.** В настоящем опыте для полива микрозелени применяли суспензию хлореллы (*Chlorella vulgaris*, Beijerinck) штамма IBCE C-19 из коллекции водорослей Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси и коммерческий препарат «Хлорелла» производителя «Микромин», а в качестве объекта исследований применяли семена капусты китайской (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*, L.) сорта «Веснянка».

Суспензию получали при культивировании водоросли в лабораторных условиях с применением питательной среды Тамия [1], фитолампы красно-синего спектра и барботажа при температуре  $25 \pm 1$  °С в течение 20 суток. Фотопериод 12 ч света / 12 ч темноты регулировали с помощью реле времени.

Семена капусты китайской в количестве 100 шт. помещали в пластиковые контейнеры на фильтровальную бумагу, после чего закрывали крышкой для предотвращения испарения и подсыхания семян. Микрозелень капусты китайской выращивали в течении 7 дней при температуре 25 °С под установкой со светодиодными фитолампами с интенсивностью освещения 10 мкмоль / м<sup>2</sup>×с и с фотопериодом 12 ч света / 12 ч темноты (регулировали используя реле времени).

Полив микрозелени капусты китайской сорта «Веснянка» осуществляли суспензией хлореллы коммерческой и лабораторной исходя из рекомендуемого разведения приводимого производителем коммерческого препарата: 50 мл суспензии клеток на 250 мл дистиллированной воды, а также культуральной жидкостью, полученной при фильтровании соответствующих суспензий. Концентрация клеток у обоих образцов суспензии хлореллы была приведена к равному значению. Выращивание производили по схеме, приведенной в таблице 1.

Таблица 1. – Варианты полива капусты китайской сорта «Веснянка»

Дистиллированная вода	Хлорелла лабораторная		Хлорелла коммерческая	
	суспензия клеток	культуральная жидкость	суспензия клеток	культуральная жидкость
К1	ХЛ1	ХЛ(КЖ)1	ХК1	ХК(КЖ)1
К2	ХЛ2	ХЛ(КЖ)2	ХК2	ХК(КЖ)2
К3	ХЛ3	ХЛ(КЖ)3	ХК3	ХК(КЖ)3

Примечание – К – контроль (дистиллированная вода), ХК – хлорелла коммерческая, ХЛ – хлорелла лабораторная, ХЛ(КЖ) – культуральная жидкость хлореллы лабораторной, ХК(КЖ) – культуральная жидкость хлореллы коммерческой.

Энергию прорастания семян определяли на 3 сутки, а всхожесть – на 6 сутки по стандартной методике [4]. Высоту побега и длину корня измеряли ежедневно у 10 растений из каждого контейнера. Площадь листовой пластинки определяли в конце опыта с помощью компьютерной программы ARFill Ink Toner Coverage Meter 5.8 [2].

Все варианты опыта выращивали в трехкратной повторности, а полученные результаты подвергли статистической обработке с использованием программы MS Excel.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Энергия прорастания семян капусты китайской была довольно сходной в опытных образцах и в контроле (таблица 2).

Таблица 2. – Энергия прорастания и всхожесть семян капусты китайской при поливе препаратами хлореллы

Повторность	Вариант полива				
	Суспензия		Культуральная жидкость		Контроль (дистиллированная вода)
	хлореллы лабораторная	хлореллы коммерческая	хлореллы лабораторная	хлореллы коммерческая	
Энергия прорастания, %					
1	97,0	98,0	96,0	98,0	97,0
2	96,0	97,0	97,0	94,0	97,0
3	96,0	97,0	97,0	96,0	97,0
Ср. ± станд. ош.	96,3±0,3	97,3±0,3	96,6±0,3	96,0±1,2	97,0±0,0
Всхожесть, %					
1	96,0	97,0	96,0	98,0	97,0
2	98,0	96,0	96,0	94,0	98,0
3	98,0	94,0	96,0	96,0	98,0
Ср. ± станд. ош.	97,3±0,7	95,7±0,9	96,0±0,0	96,0±1,2	97,6±0,3

Примечание – Ср. ± станд. ош. – среднее арифметическое ± стандартная ошибка среднего.

Максимальное значение данного показателя отмечено при использовании суспензии хлореллы коммерческой – 97,3±0,3 %, а минимальное – 96,0±1,2 % – при поливе культуральной жидкостью хлореллы коммерческой. Всхожесть семян, в свою очередь, была несколько иной в опытной и контрольной группах. Так при использовании дистиллированной воды этот показатель имел максимальное значение – 97,6±0,3 %, а минимальная всхожесть отмечена при применении суспензии хлореллы коммерческой (95,7±0,9 %). Несмотря на некоторую разницу, значения данных показателей превышали 94,0 % во всех пробах, что считается хорошим результатом. В связи с этим негативного влияния препаратов хлореллы отмечено не было.

Измерение высоты побега микрорезелени капусты китайской проводили с 3-его по 7-ой день роста (таблица 3).

Таблица 3. – Высота побега капусты китайской при поливе препаратами хлореллы, см

Повторность	Вариант полива				
	Суспензия		Культуральная жидкость		Контроль (дистиллиро- ванная вода)
	хлореллы лабораторная	хлореллы коммерческая	хлореллы лабораторная	хлореллы коммерческая	
День 3-й					
1	0,61±0,04	0,56±0,10	0,31±0,06	0,41±0,04	0,54±0,08
2	0,55±0,04	0,70±0,11	0,41±0,06	0,40±0,06	0,62±0,09
3	0,57±0,05	0,61±0,08	0,30±0,04	0,34±0,06	0,75±0,10
Ср. ± станд. ош.	0,57 ±0,01	0,62±0,04	0,34±0,04	0,39±0,02	0,63±0,06
День 7-й					
1	2,31±0,06	2,27±0,07	2,11±0,09	2,02±0,03	2,43±0,08
2	1,99±0,07	1,57±0,08	2,51±0,08	2,15±0,02	2,98±0,09
3	2,52±0,09	2,14±0,13	1,83±0,10	2,07±0,03	2,79±0,07
Ср. ± станд. ош.	2,27±0,15	1,99±0,21	2,15±0,20	2,08±0,04	2,73±0,16

Полив дистиллированной водой позволил получить максимальные значения высоты побегов у контрольной группы в начале измерений (0,63±0,06 см). Близкие значения также отмечены у опытной группы, при поливе которой использовали суспензию хлореллы коммерческую – 0,62±0,04 см. Однако по истечении 7-ми дней растения капусты китайской в контрольной группе имели максимальную высоту побега (2,73±0,16 см) в сравнении с растениями всех опытных групп. Высота побега в контроле была выше, чем при применении суспензии хлореллы как лабораторной, так и коммерческой на 20,26 % и 37,19 % соответственно, а при использовании культуральных жидкостей – на 26,98 % и 34,13 % соответственно.

Длину корней микророзелени капусты китайской измеряли также с 3-его по 7-ой день роста (таблица 4).

Таблица 4. – Длина корней капусты китайской при поливе препаратами хлореллы, см

Повторность	Вариант полива				
	Суспензия		Культуральная жидкость		Контроль (дистиллиро- ванная вода)
	хлореллы лабораторная	хлореллы коммерческая	хлореллы лабораторная	хлореллы коммерческая	
День 3-й					
1	1,56±0,14	1,45±0,08	0,71±0,17	0,91±0,17	2,07±0,05
2	1,84±0,05	1,20±0,12	1,07±0,16	1,01±0,10	2,35±0,06
3	1,32±0,09	1,76±0,06	0,94±0,14	0,77±0,05	1,98±0,05
Ср. ± станд. ош.	1,57±0,15	1,47±0,16	0,91±0,10	0,90±0,07	2,13±0,11
День 7-й					
1	4,74±0,59	4,85±0,59	3,72±0,58	4,67±0,93	5,05±0,71
2	3,69±0,62	4,56±0,75	3,58±0,63	3,69±0,80	4,35±0,67
3	3,40±0,53	3,53±0,61	4,08±0,69	3,76±0,70	4,35±0,80
Ср. ± станд. ош.	3,94±0,41	4,31±0,40	3,79±0,15	4,04±0,32	4,58±0,23

На раннем этапе развития корней суспензия хлореллы оказывала лучшее стимулирующее действие, чем культуральная жидкость, что отразилось в размере корней на 3-й день выращивания. Но, несмотря на это, максимальная длина корней отмечена у растений контрольной группы – 2,13±0,11 см. Эта закономерность наблюдалась и в конце опыта. Длина корней при поливе дистиллированной водой в контрольной группе превышала таковую в опытных группах на 16,24 % и 6,26 % при поливе суспензией клеток хлореллы лабораторной и коммерческой, и на 20,84 % и 13,37 % при поливе культуральной жидкостью хлореллы лабораторной и коммерческой соответственно. До-

вольно эффективным стимулятором роста корней являлась также суспензия хлореллы коммерческой, что свидетельствует о необходимости дальнейших исследований.

Площадь листовой пластинки также является важным показателем роста и развития микрозелени, т.к. напрямую связана с процессами фотосинтеза и определяет урожайность растения, являясь съедобной его частью (таблица 5).

Таблица 5. – Площадь листовой пластинки капусты китайской при поливе препаратами хлореллы, см<sup>2</sup>

Повторность	Вариант полива				Контроль (дистиллированная вода)
	Суспензия		Культуральная жидкость		
	хлореллы лабораторная	хлореллы коммерческая	хлореллы лабораторная	хлореллы коммерческая	
1	0,58±0,03	0,51±0,04	0,52±0,07	0,57±0,02	0,60±0,02
2	0,51±0,05	0,65±0,05	0,50±0,05	0,46±0,06	0,58±0,05
3	0,56±0,04	0,67±0,05	0,79±0,06	0,60±0,01	0,39±0,03
Ср. ± станд. ош.	0,55±0,02	0,61±0,05	0,60±0,09	0,55±0,04	0,52±0,07

При поливе суспензией хлореллы коммерческой площадь листовой пластинки бала максимальной – 0,61±0,05 см<sup>2</sup> и превышала таковую при поливе суспензией хлореллы лабораторной на 10,91 %, при использовании культуральной жидкости хлореллы лабораторной и коммерческой на 1,67 % и 10,90 % соответственно, а при применении дистиллированной воды – на 17,31 %.

**Заключение.** В ходе исследования дана оценка эффективности использования суспензии *Chl. vulgaris*, в качестве биоудобрения, влияющего на рост и развитие микрозелени капусты китайской.

На энергию прорастания и всхожесть микрозелени капусты китайской препараты микроводоросли *Chl. vulgaris* не оказывали значительного влияния. Высота побегов и длина корней имели максимальные значения в контрольной группе при использовании для полива дистиллированной воды. Однако довольно эффективным стимулятором роста корней являлась также суспензия хлореллы коммерческой. Кроме того, полив суспензией хлореллы коммерческой позволил получить растения микрозелени капусты китайской с максимальной площадью листовой пластинки в сравнении с другими вариантами полива.

Таким образом, выявлено положительное влияние препарата суспензии хлореллы коммерческой на площадь листовой пластинки у микрозелени капусты китайской.

#### Список использованных источников

1. Гайсина, Л.А. Современные методы выделения и культивирования водорослей / Л.А. Гайсина, А.И. Фазлутдинова, Р.Р. Кабиров. – Уфа : БГПУ, 2008. – 138 с.
2. Дмитриев, Н.Н. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии / Н.Н. Дмитриев, Ш.К. Хуснидинов // Вестн. КрасГАУ. – 2016. – № 7. – С. 88–93.
3. Дудченко, Л.Г. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: Справочник / Л.Г. Дудченко, А.С. Козьяков, В.В. Кривенко. – Киев: Наукова думка, 1989. – 304 с.
4. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: ГОСТ 12038-84. – Москва : Стандартиформ, 2011. – 32 с.
5. Шалыго, Н.В. Микроводоросли и цианобактерии как биоудобрение / Н.В. Шалыго, // Наука и инновации. – 2019. – № 3. – С. 10–12.
6. Braunstein, M. Microgreen Garden: Indoor Grower's Guide to Gourmet Greens / M. Braunstein. – Hong Kong : Book Publishing Company, 2013. – 96 p.
7. EffectBio [Electronic resource]. – Mode of access: [https://effectbio.ru/shop/tsitokininovaya\\_pasta/Biostimulyator-dlya-rasteniy-UltraEffekt-Khlorella-poroshok-60ml/](https://effectbio.ru/shop/tsitokininovaya_pasta/Biostimulyator-dlya-rasteniy-UltraEffekt-Khlorella-poroshok-60ml/). – Date of access: 10.04.2023.
8. Luo, Y. Specialty Greens Pack a Nutritional Punch / Y. Luo, G. Lester // USDA ARS Online Magazine. – 2014. – Vol. 62. – №. 1. – P. 1–3.
9. Treadwell, D. Microgreens: A New Specialty Crop / D. Treadwell // Univ. of Florida IFAS Extension, 2014. – № 1164. – P. 1–3.