

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАПУСТЫ БРОККОЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Е. В. Сачивко¹, И. П. Козловская²

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь

²Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Среди капустных овощных культур перспективным видом является капуста брокколи (*Brassica oleracea* var. *cymosa* Duch.) [1–3].

Капуста брокколи (*Brassica oleracea* var. *cymosa* Duch.) – однолетнее или озимое перекрестноопыляющееся растение. Растения достигают высоты 70–100 см. Стебель заканчивается соцветием, которое в недоразвитом виде (головка) представляет хозяйственную ценность. Капуста брокколи обладает повышенной ремонтантной способностью. Брокколи имеет две разновидности: головчатую и стеблевую. По способу выращивания головчатую брокколи подразделяют на яровую отпрысковую и озимую многоголовчатую. Яровая отпрысковая брокколи – однолетнее растение с зеленой головкой, весьма ценная и перспективная культура для всех регионов Республики Беларусь. Вегетационный период у сортов этой разновидности длится от 50 до 150 дней [3–6].

Капуста брокколи содержит витамины групп А, В, С, Р, U, макро- и микроэлементы, жиры, белки и углеводы, что делает ее незаменимым продуктом питания. Капуста оказывает благотворное действие на процессы обмена веществ, имеет обезболивающее и противовоспалительное действие. Пищевые волокна, находящиеся в капусте, отлично выводят из организма человека холестерин. Употребление капусты помогает при болезнях сердца и почек, а также при гастритах с пониженной кислотностью. Она укрепляет иммунитет и оказывает очищающее действие на организм [7–11].

Применение научно-обоснованной системы удобрения обеспечивает получение высоких и устойчивых урожаев товарной продукции сельскохозяйственных культур, в т. ч. и капусты брокколи [12–19].

Цель исследований – изучить влияние минеральных и органических удобрений на урожайность и качество капусты брокколи.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как показали результаты исследования, применение минеральных и органических удобрений, а также погодные условия вегетационных периодов оказали существенное влияние на урожайность капусты брокколи (табл. 1).

Урожайность головок капусты брокколи в 2022 г. в зависимости от опытного варианта составила 10,1–21,5 т/га, в 2023 г. – 11,3–24,1 т/га, в 2024 г. – 9,8–19,1 т/га.

Таблица 1

Влияние минеральных и органических удобрений на урожайность капусты брокколи на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Урожайность (головки), т/га				Прибавка, т/га	
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Ø	контроль	фон
Без удобрений – контроль	10,1	11,3	9,8	10,4	–	–
$N_{60}P_{50}K_{90}$ – фон	16,4	18,9	15,5	16,9	6,5	–
$N_{60}P_{50}K_{90}$ + навоз (40 т/га)	20,2	21,9	18,1	20,1	9,7	3,2
$N_{60}P_{50}K_{90}$ + вермикомпост (5 т/га)	20,3	22,6	18,4	20,4	10,0	3,5
$N_{60}P_{50}K_{90}$ + кроличий помет (10 т/га)	20,4	22,3	18,2	20,3	9,9	3,4
$N_{90}P_{50}K_{90}$	20,9	23,8	18,6	21,1	10,7	4,2
$N_{120}P_{50}K_{90}$	21,5	24,1	19,1	21,6	11,2	4,7
$НСР_{05}$	0,9	1,0	0,8	0,9		

В среднем за три года исследований применение возрастающих доз минерального азота N_{60-120} на фоне $P_{50}K_{90}$ увеличило урожайность головок капусты брокколи на 6,5–11,2 т/га при общей урожайности головок 16,9–21,6 т/га. В целом применение минеральных удобрений способствовало формированию 38–52 % общего урожая головок капусты брокколи.

Существенное увеличение прибавки урожая головок капусты брокколи отмечено при возрастании дозы минерального азота до 90 кг/га д. в. (4,2 т/га в сравнении с вариантом $N_{60}P_{50}K_{90}$). Дальнейшее увеличение дозы азота до 120 кг/га д. в. привело лишь к тенденции увеличения урожайности головок в сравнении с $N_{90}P_{50}K_{90}$ на 0,5 т/га (в пределах НСР).

Применение различных видов органических удобрений способствовало дополнительному сбору 3,2–3,5 т/га головок капусты брокколи (16–17 % урожая). При этом различные виды органических удобрений (подстилочный навоз КРС, вермикомпост, кроличий помет) по своей агрономической эффективности оказались практически равнозначными.

Комплексное применение минеральных и органических удобрений при возделывании капусты брокколи обеспечило получение 1837–3160 руб./га чистого дохода с рентабельностью 61–177 %.

Наибольший чистый доход 3160 руб./га при рентабельности 177 % был получен при совместном внесении 10 т/га кроличьего помета с $N_{60}P_{50}K_{90}$. Применение 5 т/га вермикомпоста совместно с полным минеральным удобрением способствовало получению 3025 руб./га чистого дохода с рентабельностью 153 %. Высокие затраты на приготовление, транспортировку и внесение 40 т/га подстилочного навоза КРС снизили чистый доход от его применения совместно с $N_{60}P_{50}K_{90}$ при возделывании капусты брокколи до 1837 руб./га при рентабельности 61 %.

Капуста брокколи является уникальной среди других видов капусты огородной в связи с возможностью проводить несколько сборов головок. Первый (основной) учет головок капусты брокколи проводят в июле, второй – в середине августа, третий – в начале сентября, что позволяет получать свежую продукцию на протяжении нескольких месяцев [1, 4–6]

Оценивая вклад различных учетов головок капусты брокколи в общую урожайность, следует отметить преобладающую роль 1-го учета урожая, который обеспечил в среднем 89 % общей урожайности товарной продукции. Долевое участие 2-го учета урожая головок капусты брокколи в среднем составило 8 %, 3-го учета – 3 % общей урожайности головок.

Следует отметить, что высокая эффективность применения минеральных и органических удобрений связана с лучшими показателями структуры урожая в удобренных вариантах (табл. 2).

Диаметр 1 головки капусты брокколи в удобренных вариантах при первом сборе урожая составил 16,0–17,1 см (13,6 см – в контроле), при 2-м учете – 8,5–8,7 см (6,9 см – в контроле), при 3-м учете – 4,9–5,5 см (4,5 см – в контроле) при массе 1 головки 373,3–486,4 г (1-й учет), 37,7–38,5 г (2-й учет) и 12,6–13,9 г (3-й учет) соответственно.

Применение различных видов органических удобрений существенно увеличивало диаметр головки капусты брокколи в сравнении с фоновым вариантом в 3 учете (на 0,4–0,5 см), а также массу головки в 1-м (на 76,7–85,8 г) и 3-м (1,0–1,3 г) учетах. Внесение N_{90} на фоне $P_{50}K_{90}$ увеличивало в сравнении с фоновым вариантом диаметр головки в 1-м (на 1,1 см) и 3-м (на 0,6 см) учетах, массу головки – также в 1-м (на 102,0 г) и 3-м (на 1,0 г) учетах.

Наряду с показателями урожайности, при возделывании капусты брокколи большое значение имеют качественные показатели ее товарной продукции [7–11, 24–26].

В наших исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве содержание сырого протеина в товарной продукции капусты брокколи было достаточно переменным и в удобренных вариантах составило 24,5–27,8 %, сырого жира – 2,5–2,7 %, сырой золы – 7,4–7,8 %, углеводов – 13,6–15,2 %, каротина – 1,8–2,1 мг/кг, витамина С – 66,9–68,9 мг/100 г при содержании нитратов в пределах ПДК (900 мг/кг) во всех опытных вариантах (табл. 3).

Применение минеральных и органических удобрений в большей степени оказало положительное влияние на содержание сырого протеина, витамина С и каротина.

Таблица 2

Элементы структуры урожая капусты брокколи в зависимости от применения минеральных и органических удобрений, среднее за 2022–2024 гг.

Вариант	Диаметр головки, см			Масса головки, г		
	Учет			Учет		
	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
Без удобрений – контроль	13,6	6,9	4,5	213,5	35,1	10,9
$N_{60}P_{50}K_{90}$ – фон	16,0	8,5	4,9	373,3	37,7	12,6
$N_{60}P_{50}K_{90}$ + навоз (40 т/га)	16,6	8,7	5,4	450,0	38,2	13,7
$N_{60}P_{50}K_{90}$ + вермикомпост (5 т/га)	16,6	8,7	5,3	459,1	38,1	13,6
$N_{60}P_{50}K_{90}$ + кроличий помет (10 т/га)	16,5	8,5	5,3	455,1	38,1	13,9
$N_{90}P_{50}K_{90}$	17,1	8,7	5,5	475,3	38,5	13,6
$N_{120}P_{50}K_{90}$	17,1	8,6	5,4	486,4	38,4	13,8
HCp_{05}	0,8	0,4	0,2	20,3	1,8	0,6

Таблица 3

Качество головок капусты брокколи в зависимости от применения минеральных и органических удобрений, среднее за 2022–2024 гг.

Вариант	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая зола	Углево-ды	Вита-мин С, мг/100 г	Каротин	Нитра-ты
	% в сухом веществе				в сыром веществе		
Контроль	22,4	2,4	7,7	13,6	63,2	1,4	305
N ₆₀ P ₅₀ K ₉₀	24,5	2,5	7,6	13,6	66,9	1,8	409
N ₆₀ P ₅₀ K ₉₀ + навоз	26,3	2,6	7,8	14,3	68,2	1,9	401
N ₆₀ P ₅₀ K ₉₀ + вермикомпост	26,5	2,5	7,8	15,2	68,9	2,1	372
N ₆₀ P ₅₀ K ₉₀ + кроличий помет	27,1	2,7	7,6	14,4	67,5	1,8	403
N ₉₀ P ₅₀ K ₉₀	27,3	2,5	7,6	14,0	67,4	2,1	460
N ₁₂₀ P ₅₀ K ₉₀	27,8	2,5	7,4	13,9	67,1	2,1	490
НСР ₀₅	1,3	0,1	0,4	0,7	3,2	0,1	20

Содержание общего азота в головках капусты брокколи в удобренных вариантах оказалось 3,91–4,41 %, фосфора – 1,15–1,17, калия – 1,94–2,05, кальция – 0,40–0,45, магния – 0,25–0,30 % в сухом веществе, меди – 4,2–5,0 мг/кг, цинка – 39,7–43,0, железа – 60,8–58,8 мг/кг сухого вещества.

Содержание общего азота в головках капусты брокколи в удобренных вариантах оказалось 3,91–4,41 %, фосфора – 1,15–1,17, калия – 1,94–2,05, кальция – 0,40–0,45, магния – 0,25–0,30 % в сухом веществе, меди – 4,2–5,0 мг/кг, цинка – 39,7–43,0, железа – 60,8–58,8 мг/кг сухого вещества.

Средний удельный (нормативный) вынос элементов питания с 10 ц головок капусты брокколи и соответствующего количества ботвы, показатели которого применяются для расчета баланса элементов питания и доз удобрений в производстве [27–29], оказался 6,5 кг (N), 2,2 (P₂O₅), 3,7 (K₂O), 2,5 (CaO), 1,3 (MgO) кг.

Побочная продукция капусты брокколи после уборки головок практически всегда остается в поле и используется в качестве дополнительного источника питательных веществ. Среднее количество сухого вещества и элементов питания с побочной продукцией капусты брокколи, которые могут быть использованы последующими культурами севооборота, в наших исследованиях составило: сухого вещества – 15 ц/га, азота – 120 кг/га, фосфора – 40, калия – 70, кальция – 45, магния – 25 кг/га.

ВЫВОДЫ

При возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение минеральных удобрений увеличило урожайность капусты брокколи на 6,5–11,2 т/га с лучшими показателями агрономической эффективности при применении в предпосадочную культивацию N₉₀P₅₀K₉₀ (прибавка урожая – 10,7 т/га, общая урожайность головок – 21,1 т/га).

Внесение различных видов органических удобрений (подстилочный навоз, вермикомпост, кроличий помет) обеспечило прибавку урожая 3,2–3,5 т/га при общей урожайности головок в вариантах с полной органоминеральной системой удобрения 20,1–20,4 т/га.

Комплексное применение минеральных и органических удобрений при возделывании капусты брокколи способствовало получению 1837–3160 руб./га чистого дохода с рентабельностью 61–177 %.

Содержание сырого протеина в товарной продукции капусты брокколи в удобренных вариантах составило 24,5–27,8 %, жира – 2,5–2,7 %, золы – 7,4–7,8 %, углеводов – 13,6–15,2 %, каротина – 1,8–2,1 мг/кг, витамина С – 66,9–68,9 мг/100 г при содержании нитратов в пределах ПДК (900 мг/кг).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваш богатый огород / А. П. Шкляр, С. А. Банадысев, В. Н. Босак [и др.]. – Минск : УниверсалПресс, 2005. – 320 с.
2. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва : Инфра-М, 2016. – 336 с.
3. Степура, М. Ф. Влияние видов и доз удобрений на семенную продуктивность капусты брокколи / М. Ф. Степура, Т. В. Матюк, П. В. Пась // Земледелие и растениеводство. – 2025. – № 1. – С. 47–50.
4. Владимирова, И. М. Капуста брокколи / И. М. Владимирова, В. С. Кисличенко // Провизор. – 2007. – № 11. – С. 78.
5. Карпухин, М. Ю. История культуры, ботаническая характеристика и биологические особенности капусты брокколи / М. Ю. Карпухин, В. В. Гуськова // Вестник биотехнологии. – 2023. – № 1 (34). – С. 9–14.
6. Сачивко, Е. В. Значение и сортовое разнообразие различных видов капусты огородной / Е. В. Сачивко, А. И. Мыхлык // Научный поиск молодежи XXI века. – Горки : БГСХА, 2023. – Ч. 1. – С. 54–56.
7. Комплексная биохимическая характеристика брокколи и цветной капусты / Д. А. Фатеев, А. Е. Соловьева, Т. В. Шеленга, А. М. Артемьева // Овощи России. – 2020. – № 6. – С. 104–111.
8. Сачивко, Е. В. Биохимический состав различных видов капусты в зависимости от применения удобрений / Е. В. Сачивко // Наука и инновационные технологии в решении проблем продовольственной безопасности. – Горки : БГСХА, 2025.
9. Сачивко, Е. В. Особенности химического состава различных видов капусты / Е. В. Сачивко, А. И. Мыхлык, В. Н. Босак // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки : БГСХА, 2023. – С. 225–226.
10. Carotenoids, flavonoids, chlorophylls, phenolic compounds and antioxidant activity in fresh and cooked broccoli (*Brassica oleracea* var. *avenger*) and cauliflower (*Brassica oleracea* var. *alphina* F₁) / L. C. Ramos dos Reis, V. Ruffo de Alveira, M. E. Kienzle Hagen [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 63, No. 1. – P. 177–183.
11. Chemical and biological characterization of nutraceutical compounds of broccoli / D. A. Moreno, M. Carvajal. C. Lopez-Berenquer, C. Garcia-Viquera // Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. – 2006. – Vol. 41. – P. 1508–1522.
12. Босак, В. М. Арганічнія ўгнаенні: роля ў забеспячэнні харчовай бяспекі і ўзнаўленні глебавай урадлівасці / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, Н. У. Улаховіч // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки : БГСХА, 2025. – Вып. 10. – С. 22–24.
13. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.

14. Босак, В. Н. Органические удобрения / В. Н. Босак. – Пинск : ПолесГУ, 2009. – 256 с.
15. Босак, В. Н. Особенности применения органических удобрений в агробиоценозе / В. Н. Босак, О. Н. Марцуль, С. Л. Максимова // Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы. – Минск : Конфидо, 2016. – С. 24–26.
16. Забара, Ю. М. Влияние комплексных минеральных удобрений и приемов выращивания рассады на урожайность и качество продукции капусты брокколи / Ю. М. Забара, Л. Гребенникова, С. Соболев // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2023. – № 1. – С. 31–36.
17. Моделирование системы удобрения овощных культур / В. Н. Босак, В. В. Скорина, Н. Мойсюк, М. Кузьменко // Аграрная экономика. – 2011. – № 4. – С. 48–54.
18. Применение удобрений при возделывании овощных культур / В. В. Скорина, Н. П. Купреенко, В. Н. Босак [и др.]. – Минск : БГТУ, 2012. – 16 с.
19. Сачивко, Е. В. Влияние различных видов органических удобрений на урожайность и качество капусты огородной / Е. В. Сачивко, И. П. Козловская // Актуальные проблемы почвоведения и агрохимии в природных и антропогенных ландшафтах. – Минск, 2025. – С. 209–211.
20. Почвенная характеристика опытного участка «Полигон» / В. Н. Босак, Е. Ф. Валейша, Т. В. Сачивко [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки : БГСХА, 2024. – С. 28–30.
21. Технология возделывания овощных, бахчевых культур, картофеля, пряно-ароматических и лекарственных растений / А. А. Аутко, В. К. Пестис, В. В. Гракун [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 614 с.
22. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва : Альянс, 2011. – 352 с.
23. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – Москва : ВНИИО, 2011. – 650 с.
24. Лапа, В. В. Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
25. Наумова, Н. Л. Оценка качества и безопасности капустных овощей на примере цветной капусты и брокколи / Н. Л. Наумова, О. М. Бурмистрова, Е. А. Бурмистров // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 4. – С. 852–856.
26. Причко, Т. Г. Исследование питательной ценности отдельных органов капусты брокколи / Т. Г. Причко, Р. Э. Казахмедов, М. Г. Германова // Плодоводство и виноградарство юга России. – 2021. – № 68 (2). – С. 242–254.
27. Методика определения потребности в минеральных удобрениях под планируемую урожайность сельскохозяйственных культур на уровне района и области / В. И. Бельский, Н. В. Мойсюк, М. П. Кузьменко [и др.]. – Минск : Институт экономики НАН Беларуси, 2006. – 44 с.
28. Методика расчета баланса гумуса в земледелии Республики Беларусь / В. В. Лапа, В. Н. Босак, И. М. Богдевич [и др.]. – Минск : БелНИВНФХ в АПК, 2007. – 20 с.
29. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В. В. Лапа, Н. Н. Ивахненко, В. Н. Босак [и др.]. – Минск : БелНИВНФХ в АПК, 2007. – 24 с.

YIELD AND QUALITY OF BROCCOLI CABBAGE DEPENDING ON THE APPLICATION OF FERTILIZERS

E. V. Sachivko, I. P. Kozlovskaya

Summery

In studies on sod-podzolic light loamy soil, the use of a complete mineral fertilizer increased the yield of broccoli cabbage by 6,5–11,2 t/ha with better agronomic efficiency in the variant with the introduction of $N_{90}P_{50}K_{90}$ into pre-sowing cultivation, various types of organic fertilizers (bedding manure, vermicompost, rabbit manure) – by 3,2–3,5 t/ha with a total yield of heads in fertilized variants of 16,9–21,6 t/ha, net income from the complex use of fertilizers is 1837–3160 rubles/ha with a profitability of 61–177 %.

The content of crude protein in the heads of broccoli cabbage in fertilized versions turned out to be 24,5–27,8 %, fat – 2,5–2,7 %, ash – 7,4–7,8 %, carbohydrates – 13,6–15,2 %, carotene – 1,8–2,1 mg/kg, vitamin C – 66,9–68,9 mg/100 g with nitrate content within the standard (900 mg/kg).

Поступила 02.05.25