

Таблица 4 – Расчетная экономическая эффективность применения гербицидов по разостланной соломе льна-долгунца для уничтожения сорной растительности (2019–2020 гг.)

Вариант	Засоренность тресты, %	Стоимость продукции, руб./га	Затраты на выращивание, руб./га	Прибыль (убытки), руб./га	Рентабельность, %
Контроль (без обработки)	20,5	298,2	1 477,8	-1 179,5	-79,8
Торнадо 500, ВР, 1 л/га	3,4	2 453,8	1 564,3	889,5	56,9
Торнадо 500, ВР, 2 л/га	2,1	2 453,8	1 585,0	868,8	54,8

Примечание – Стоимость продукции в вариантах с обработкой соломы гербицидом рассчитана с учетом урожайности семян 7,1 ц/га, тресты – 54,1 ц/га.

вещества глифосата методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ). По результатам анализа в РУП «Институт защиты растений», остаточных количеств глифосата в тресте через 32 суток после обработки соломы не обнаружено.

### Заключение

При посеве льна-долгунца в звене севооборота «озимый рапс – озимая пшеница – лен-долгунец» и при подготовке льняной тресты в условиях 2019–2020 гг. засорение разостланной в лентах соломы сорной растительностью через 14–18 суток после теребления стеблестоя достигало 13–20 шт./м<sup>2</sup>, в том числе падалицей озимого рапса – 49–68 % и вызывало необходимость применения гербицидов.

Послевсходовые гербициды Метурон, ВДГ и Секатор турбо, МД подавляли рост сорной растительности, но к моменту уборки приготовленной тресты с поля сорная примесь от общей массы льносырья составляла 12–17 %, что значительно выше норматива.

Для уничтожения сорной растительности в лентах льна-долгунца целесообразно применение глифосатсодержащего гербицида Торнадо 500, ВР в норме расхода 1–2 л/га в зависимости от развития сорных растений на момент обработки и погодных факторов, что обеспечит получение тресты с нормативной засоренностью до 5 % без снижения содержания волокна в тресте и её номера, а также без содержания в тресте остаточных количеств глифосата.

При засорении посевов льна и разостланной в лентах соломы падалицей крестоцветных культур обработку

гербицидами необходимо осуществлять в фазе развития падалицы 2–4 настоящих листа.

### Литература

1. Нехведович, С. И. Фитосанитарное состояние льна в Беларуси и система мероприятий по защите культуры от вредных объектов / С. И. Нехведович // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 4. – С. 53–61.
2. Миренков, Ю. А. Интегрированная защита льна-долгунца от вредителей, болезней и сорняков в Республике Беларусь / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич, С. Н. Козлов. – Горки: УО БГСХА, 2001. – 14 с.
3. Лужинский, Д. В. Борьба с засоренностью посевов сельскохозяйственных культур падалицей рапса / Д. В. Лужинский, Я. Э. Пиллюк, Л. А. Булавин // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 4. – С. 36–37.
4. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск: Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета РБ, 2020. – 179 с.
5. Голуб, И. А. Научно-практические рекомендации по возделыванию, уборке льна и приготовлению тресты / И. А. Голуб, Ф. И. Привалов, Г. Н. Шанбанович. – Могилев: Могилев. обл. укруп. тип. им. С. Соболя, 2010. – 136 с.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
7. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; Институт защиты растений; сост.: С. В. Сорока, Т. Н. Лапковская. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2007. – 58 с.
8. Треста льняная. Требования при заготовках. СТБ 1194–2007. – Введ. 01.07.2011. – Минск: Госстандарт РБ, 2009. – 12 с.

УДК 631.8:[635.1/8:631.559]

## Влияние минеральных удобрений и вермикомпоста на содержание хлорофилла, каротиноидов, биохимические показатели и урожайность овощных культур

М. Ф. Степура, доктор с.-х. наук  
Институт овощеводства

(Дата поступления статьи в редакцию 22.04.2021)

В статье представлены результаты изучения урожайности и биохимического состава продукции капусты белокачанной и свеклы столовой в условиях Республики Беларусь за период 2011–2012 гг. Выявлены оптималь-

The article presents the results of research on the yield and biochemical composition of the production of white cabbage and beetroot in the conditions of the Republic of Belarus for the period 2011–2012. The optimal doses of

ные дозы минеральных удобрений и вермикомпоста при выращивании овощных культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

## Введение

Урожайность и качество продукции овощных культур является результатом действия большого количества агрометеорологических факторов, главными из которых является свет, тепло, вода и питательные вещества, необходимые для фотосинтетической деятельности растений [11].

Процессы фотосинтеза идут в тканях, содержащих хлоропласты, преимущественно в листе, на который приходится большая часть процессов фотосинтеза [13]. На молекулярном уровне фотосинтез обеспечивают особые вещества – пигменты, благодаря которым энергия солнечного света становится доступной для биологических систем. При фотосинтезе зеленый лист использует лишь около 1 % падающей на него солнечной энергии, продуктивность составляет 1 г органического вещества на 1 м<sup>2</sup> поверхности в час. Поглощают красный и сине-фиолетовый свет и отражают зеленый хлорофиллы, придающие растениям характерную зеленую окраску.

Фотосинтез всегда поддерживается корневым питанием – поглощением из почвы воды и минеральных солей. При длительном применении минеральных удобрений в различных соотношениях могут изменяться отдельные биохимические показатели. Для оценки влияния того или иного фактора на растение важно выбрать определенный интегральный процесс, при котором синтезируются, наряду с основными продуктами – углеводами, также органические кислоты, витамины, аминокислоты, белки, жиры и другие вещества. Процессы фотосинтеза исследованы в период роста и развития растений (в начале первой декады августа): содержание хлорофилла А и Б, а также связанных с ними каротиноидов – β-каротина, ксантофилла и ликонина. При оценке капусты и свеклы столовой использовали биохимические показатели – общий белок, аскорбиновая кислота, сумма сахаров, клетчатка, бетанидин в свекле столовой, каротиноиды и сухое вещество [12].

Изучение биохимических показателей и их изменений может оказать существенную помощь в оценке целесообразности применения тех или других видов и доз органических и минеральных удобрений.

## Методика проведения исследований

Исследования проводили в 2011–2012 гг. на территории РУП «Институт овощеводства» (Минский район, Минская область). Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на лесовидном суглинке, подстилаемом моренным песком с глубины 1,5 м. Содержание гумуса в пахотном слое – 2,2–2,4 %, рН<sub>(KCl)</sub> – 6,2–6,5, содержание подвижных форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O по Кирсанову – соответственно 221–248 и 262–281 мг/кг почвы.

Каротиноиды и хлорофиллы выделяли по методу С. С. Баславской и О. М. Трубицкой. Количественно рассчитывали хлорофилл А и Б по формуле Маккинни в 80 % ацетоне [2]. Суммы хлорофилла (А + Б) определяли фотоколориметрическим методом [13]. Определение производили на спектрофотометре СФ-101

*mineral fertilizers and vermicompost were revealed when growing vegetables on sod-podzolic light loamy soil.*

фирмы «Аквилон». Каротиноиды разделяли методом ступенчатой тонкослойной хроматографии на пластинках Силуфол в системах: первая ступень – гексан, вторая – гексан : серный эфир (3 : 7) [1]. Пятна идентифицировали с использованием R<sub>1</sub>: для β-каротина – 0,96, ксантофилла – 0,38, ликонина – 0,81. Использовали аналитические методы при реакции пятен с концентрированной серной кислотой [5–7]. Для количественного определения применяли коэффициент удельного поглощения для β-каротина E = 2550 при длине волны 451 нм, ликонина – E = 3470 при длине волны 474 нм, ксантофилла – E = 2160 при длине волны 475 нм.

Общее количество белка в кочанах капусты и в корнеплодах свеклы столовой определяли по методу Фолина-Чокальжеу с использованием готового реактива фирмы Sigma [3]. Клетчатку определяли модифицированным методом И. М. Скурихина [9], бетанидин в свекле столовой – методом А. П. Примака [8]. Для построения калибровочной кривой и выделения бетанидина применяли колоночную хроматографию на Сефадекс 6–25. Содержание аскорбиновой кислоты определяли фотометрическим методом с использованием ксилольной вытяжки [10], моно- и дисахаров – ферментативным методом с использованием готовых наборов глюкозооксидазы.

Полевые опыты закладывали в соответствии с требованиями «Методики полевого опыта» Б. А. Доспехова [4], «Методики физиологических исследований в овощеводстве и бахчеводстве» В. Ф. Белика [6]. Минеральные удобрения вносили вразброс, а вермикомпост – локально в гребни из расчета 485 г на пог. м под капусту и 350 г на пог. м под свеклу столовую.

Статистическую обработку данных проводили с использованием стандартных методов вариационной статистики и программы Microsoft Excel.

## Результаты исследований и их обсуждение

В соответствии с принятой классификацией величины гидротермического коэффициента, 2011 г. считался слабо засушливым (ГТК – 1,5), а 2012 г. – засушливым (ГТК – 1,3).

Двухлетним изучением содержания хлорофилла А и Б, а также каротиноидов в листьях капусты и свеклы столовой установлено, что указанные показатели незначительно зависят от погодных условий, а наибольший вклад в колебание урожайности и биохимических показателей вносят вариации дозы минеральных удобрений и вермикомпост.

Из таблиц 1 и 2 видно, что минеральный фосфор одинаково влиял на содержание хлорофилла А как в листьях капусты, так и свеклы столовой. Увеличение в полтора раза дозы фосфора обеспечило снижение хлорофилла А на 0,8–1,7 мг/100 г. Хлорофилл Б в листьях капусты и свеклы столовой при высоких концентрациях фосфора повышался соответственно на 4,9–9,4 мг/100 г. При внесении вермикомпоста под вышеуказанные культуры хлорофилл А находился на уровне 8,2 и 12,7 мг/100 г, а хлорофилл Б – соответственно 80,4 и 28,7 мг/100 г в листьях капусты и свеклы столовой. Сумма хлорофилла А и Б по варианту с вермикомпостом в зеленых листьях капусты составила

86,6 мг/100 г, а свеклы столовой соответствовала сумме 41,4 мг/100 г сырой массы. Суммарное количество хлорофилла А и Б при отсутствии азотных удобрений снижалось на 15,4–16,6 мг/100 г.

Суммарное содержание каротиноидов значительно снижалось при отсутствии азотных удобрений. Повышение в 1,5 раза полных доз минеральных удобрений снижало содержание каротиноидов в листьях капусты на 1,2 мг/100 г, а в листьях свеклы столовой – на 0,7 мг/100 г по сравнению с их содержанием 0,89 мг/100 г и 2,92 мг/100 г соответственно в капусте и свекле столовой по дозам  $N_{120-150}P_{75-90}K_{150-180}$ . Отсутствие калийных удобрений особо не влияло на содержание каротиноидов в листьях овощных культур.

Внесение вермикомпоста в дозе 7 т/га под капусту и 5 т/га под свеклу столовую способствовало повышению суммы каротиноидов ( $\beta$ -каротин, ликонин, ксантофилл) в листьях свеклы столовой на 0,7 мг/100 г по сравнению с содержанием 2,92 мг/100 г по дозе  $N_{120}P_{75}K_{150}$ , а в листьях капусты увеличение каротиноидов было не существенным.

Важно подчеркнуть, что в вариантах без внесения азотных удобрений отношение суммы хлорофиллов к сумме каротиноидов в листьях капусты и в листьях свеклы столовой увеличивалось почти в 1,5–2 раза (таблица 1, 2).

Определенное влияние виды и дозы удобрений оказали на биохимический состав овощной продукции. В кочанах капусты и корнеплодах свеклы столовой по до-

зам фосфорно-калийных удобрений содержание аскорбиновой кислоты возрастало, а в корнеплодах свеклы столовой еще повысилось содержание бетанидина в 1,5–1,9 раза по сравнению с содержанием его 171 и 209 мг% по дозам  $N_{120}K_{150}$  и  $N_{120}P_{75}$ .

Выявлено, что внесение полных доз минеральных удобрений снижало на 0,2–0,4 % содержание сухого вещества и суммы сахаров в кочанах капусты и корнеплодах свеклы столовой по сравнению с их содержанием по дозам  $P_{90}K_{180}$  и  $P_{75}K_{150}$  (таблица 3, 4).

Наименьшее содержание клетчатки в кочанах капусты сорта Мара – 1,21 % получено по дозе  $P_{90}K_{180}$ , а в корнеплодах свеклы столовой сорта Бордо 237 – 1,01 % по дозе  $P_{75}K_{150}$ .

Белки – это в основном ферменты. Повышение их содержания может быть со стороны растения только защитной реакцией, которая связана с неблагоприятными условиями выращивания. Наибольший показатель общего белка в кочанах капусты – 1,23 % и корнеплодах свеклы столовой – 1,90 % получен при внесении вермикомпоста в дозах 7 и 5 т/га.

Установлено, что при выращивании капусты и свеклы столовой наиболее экономически оправданными дозами удобрений являются  $N_{150}P_{90}K_{180}$  и  $N_{120}P_{75}K_{150}$ , по которым получена достаточно высокая урожайность – 72,3 и 57,7 т/га соответственно.

Однако использование вермикомпоста в дозе 7 т/га при выращивании капусты способствовало получению

**Таблица 1 – Влияние видов и доз удобрений на содержание хлорофилла и каротиноидов в зеленом листе капусты**

Вариант	Хлорофилл, мг/100 г			Каротиноиды, мг/100 г				Отношение ф/к
	А	Б	сумма	$\beta$ -каротин	ликонин	ксантофилл	сумма	
Контроль (без удобрений)	7,6	76,2	83,8	0,22	0,19	0,48	0,89	94,2
$P_{90}K_{180}$	8,2	69,8	78,0	0,14	0,11	0,25	0,50	156,0
$N_{150}P_{90}K_{180}$	8,4	86,2	94,6	0,11	0,19	0,59	0,89	116,2
$N_{150}K_{180}$	7,9	77,8	85,7	0,24	0,19	0,37	0,80	107,1
$N_{150}P_{90}$	8,3	82,8	91,1	0,23	0,18	0,39	0,80	113,9
$N_{225}P_{135}K_{270}$	7,4	79,2	87,3	0,19	0,17	0,41	0,77	113,3
Вермикомпост, 7 т/га	8,2	80,4	86,6	0,24	0,18	0,42	0,84	106,9
НСР <sub>05</sub>	0,22	0,63	0,48	0,24	0,34	0,17	0,27	0,67

**Таблица 2 – Влияние видов и доз удобрений на содержание хлорофилла и каротиноидов в зеленом листе свеклы столовой**

Вариант	Хлорофилл, мг/100 г			Каротиноиды, мг/100 г				Отношение ф/к
	А	Б	сумма	$\beta$ -каротин	ликонин	ксантофилл	сумма	
Контроль (без удобрений)	16,2	32,8	49,0	0,26	0,08	0,99	1,33	36,8
$P_{75}K_{150}$	12,3	14,8	27,1	0,17	0,06	0,32	0,52	49,3
$N_{120}P_{75}K_{150}$	12,8	29,7	42,5	0,82	0,16	1,74	2,92	14,6
$N_{120}K_{150}$	8,4	23,1	31,5	0,28	0,08	0,98	1,34	23,5
$N_{120}P_{75}$	12,2	27,8	40,0	1,48	0,28	1,13	2,89	13,8
$N_{180}P_{115}K_{225}$	10,6	19,7	30,3	0,56	0,24	1,42	2,22	13,6
Вермикомпост, 5 т/га	12,7	28,7	41,4	1,82	0,22	1,58	3,62	11,4
НСР <sub>05</sub>	0,38	0,46	0,62	0,42	0,16	0,33	0,28	0,58

**Таблица 3 – Влияние видов и доз удобрений на основные биохимические показатели в кочанах капусты (сорт Мара)**

Вариант	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг %	Общий белок, %	Клетчатка, %	Урожайность, т/га
Контроль (без удобрений)	8,7	5,2	33,0	1,07	1,27	41,3
P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	8,9	5,7	36,6	0,99	1,21	59,4
N <sub>150</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	8,8	5,5	34,7	1,14	1,32	72,3
N <sub>150</sub> K <sub>180</sub>	8,4	5,4	35,2	1,15	1,28	61,9
N <sub>150</sub> P <sub>90</sub>	8,3	5,2	36,1	1,09	1,31	55,4
N <sub>225</sub> P <sub>135</sub> K <sub>270</sub>	8,5	5,3	34,4	1,11	1,34	80,3
Вермикомпост, 7 т/га	8,8	5,6	36,2	1,23	1,33	79,2
HCP <sub>05</sub>	0,16	0,26	0,48	0,28	0,19	2,92

**Таблица 4 – Влияние видов и доз удобрений на основные биохимические показатели в корнеплодах свеклы столовой (сорт Бордо 237)**

Вариант	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Клетчатка, %	Аскорбиновая кислота, мг %	Общий белок, %	Бетанидин, мг %	Урожайность, т/га
Контроль (без удобрений)	18,8	12,4	1,04	7,1	1,40	216	37,3
P <sub>75</sub> K <sub>150</sub>	18,6	12,7	1,01	9,2	1,90	321	48,2
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub>	18,5	13,1	1,05	8,8	1,50	182	57,7
N <sub>120</sub> K <sub>150</sub>	18,6	12,3	0,98	8,2	1,60	171	51,6
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub>	18,3	12,8	1,02	7,8	1,80	209	49,1
N <sub>180</sub> P <sub>115</sub> K <sub>225</sub>	18,4	12,4	0,99	7,3	1,60	221	62,9
Вермикомпост, 5 т/га	18,7	12,9	1,04	9,3	1,90	238	62,2
HCP <sub>05</sub>	0,19	0,24	0,14	0,29	0,18	0,32	2,54

79,2 т/га кочанов, что ниже на 1,1 т/га урожайности, полученной по высокой дозе N<sub>225</sub>P<sub>135</sub>K<sub>270</sub> минеральных удобрений, хотя разница в урожайности не существенна. Урожайность корнеплодов свеклы столовой при внесении вермикомпоста 5 т/га составила 47,8 т/га, что выше урожайности столовых корнеплодов на 2,3 т/га, полученных при применении повышенной дозы минеральных удобрений – N<sub>180</sub>P<sub>115</sub>K<sub>225</sub>. Следовательно, при внесении вермикомпоста в дозах 5 и 7 т/га уровень урожайности приравнивался к внесению повышенных доз минеральных удобрений – N<sub>180</sub>P<sub>115</sub>K<sub>225</sub> и N<sub>225</sub>P<sub>135</sub>K<sub>270</sub>.

### Заключение

Результаты исследований свидетельствуют о том, что использование сбалансированных доз минеральных удобрений и вермикомпоста благоприятно сказывается на обменных процессах у растений капусты белокочанной и свеклы столовой.

Установлено, что значительное повышение показателей (аскорбиновая кислота, сумма сахаров, общего белка и урожайности) связано с применением адаптированной к местным условиям системы питания.

Выявлено, что доступность подвижных форм элементов питания в почве во время вегетации культур обусловлена внесением оптимальных доз минеральных удобрений и вермикомпоста.

### Литература

- Ахрем, А. А. Тонкослойная хроматография / А. А. Ахрем, А. И. Кузнецова. – М.: Наука, 1965. – 175 с.
- Баславская, С. С. Практикум по физиологии растений / С. С. Баславская, О. М. Трубицкова. – М.: Изд.-во Московского университета, 1964. – 137 с.
- Бэйли, Дж. Методы химии белка / Дж. Бэйли. – М.: Мир, 1965. – С. 265–266.
- Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студ. высших с.-х. учеб. завед. по агроном. спец. / Б. А. Доспехов. – 5 изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- Мецлер, Д. Биохимия / Д. Мецлер. – М.: Мир, 1980. – Т. 3. – 487 с.
- Методика физиологических исследований в овощеводстве и бахчеводстве / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, Науч.-исслед. ин-т овощного хозяйства МСХ РСФСР; под ред. В. Ф. Белика. – М., 1970. – 211 с.
- Методы биохимического анализа растений / Академия наук Украинской ССР, Институт физиологии растений; под ред. Х. Н. Починок. – Киев: Наукова думка, 1976. – 335 с.
- Овчаров, К. Е. Роль витаминов в жизни растений / К. Е. Овчаров. – М.: Изд.-во АН СССР, 1958. – 285 с.
- Переднев, В. П. Удобрение овощных культур / В. П. Переднев. – Минск: Ураджай, 1987. – 144 с.
- Примаков, А. П. Селекция овощных культур / А. П. Примаков, М. В. Литвиненко. – М., 1983. – С. 77–80.
- Скурихин, И. М. Химический состав пищевых продуктов / И. М. Скурихин. – М., 1984. – Т. 3. – 292 с.
- Скурихин, И. М. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М.: Медицина, 1998. – С. 175–178.
- Справочник биохимика. – М.: Мир, 1991. – 544 с.