

ПРОДУКТИВНОСТЬ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЬЯХ ЦИКОРИЯ КОРНЕПЛОДНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ПОСЕВА И НАЛИЧИЯ ВЛАГИ В ПОЧВЕ

О. В. ТКАЧ

Подольский государственный аграрно-технический университет,
г. Каменец-Подольский, Украина, 32300, e-mail: oleg.v.tkach@gmail.com

(Поступила в редакцию 10.03.2020)

В статье отражена динамика содержания хлорофилла в листьях цикория корнеплодного на разных этапах онтогенеза и поиск его связи с продуктивностью в зависимости от сроков посева и наличия влаги в почве в условиях Правобережной Лесостепи Украины.

Установлено, что в тканях листьев мелких растений содержится больше хлорофилла в сырой массе, по сравнению с тканями средних и хорошо развитых растений. При пересчете на сухую массу наблюдается обратная картина, а именно в хорошо развитых растениях на грамм сухой массы содержится больше хлорофилла по сравнению с листьями мелких и средних растений. Повышение содержания хлорофилла в грамме сырой массы листьев во всех группах растений проходит до тех пор, пока протекает интенсивный рост. Таким образом, при посеве на зиму, на первое июля, количество хлорофилла в мелких растениях составляла 0,216 мг на 1 г сырой массы, хорошо развитых – 0,214 мг на 1 г сырой массы. На первое августа, количество хлорофилла в мелких растениях составляла 0,225 мг на 1 г сырой массы, хорошо развитых – 0,219 мг на 1 г сырой массы, а на первое сентября количество хлорофилла в мелких растениях была 0,202 мг на 1 г сырой массы, хорошо развитых – 0,200 мг на 1 г сырой массы. Определено, что наибольшее количество хлорофилла в листьях растений цикория корнеплодного находится от подзимнего срока сева, как в сырой, так и в сухой массе, по сравнению с ранневесенними и летними посевами. Также установлено, что при ранневесеннем сроке посева наибольшее количество хлорофилла в сырой массе содержится при влажности почвы 80 % НВ. В этом случае был получен и наиболее высокий урожай по сравнению с другими вариантами. В связи с этим более благоприятные условия роста растений способствуют лучшему формированию хлорофилла и повышению его деятельности.

Ключевые слова: цикорий корнеплодный, срок сева, хлорофилл, влажность почвы, сухая масса, сырая масса.

The article describes the chlorophyll content dynamics in root chicory leaves at different stages of ontogeny and the search for its correlation with productivity depending on sowing time and soil moisture in the Right-bank Forest Steppe of Ukraine.

It has been established that the leaves of small plants contain more chlorophyll in the raw mass, compared to the tissues of medium and well-developed plants. When converted to dry weight, the opposite is observed, namely that in well-developed plants a gram of dry weight contains more chlorophyll compared with leaves of small and medium-sized plants. Increased content of chlorophyll in a gram of wet weight of leaves in all groups of plants lasts as long as there is intense growth. Thus, during the period of sowing winter crops, as of the first of July, the chlorophyll amount in small plants was 0.216 mg per 1 g of wet weight, well developed – 0.214 mg per 1 g of wet weight. As of the first of August, the chlorophyll amount in small plants was 0.225 mg per 1 g of wet weight, well developed – 0.219 mg per 1 g of wet weight, and as of the first of September the chlorophyll amount in small plants was 0.202 mg per 1 g of wet weight, well developed - 0.200 mg per 1 g of wet weight. It is determined that the greatest chlorophyll amount in the leaves of root chicory plants is found during the period of sowing winter crops, both in wet and dry weight, compared with early spring and summer crops. It was also found that the greatest amount of chlorophyll was contained in the wet mass at the level of 80% maximum soil moisture capacity during the early spring sowing period. In this case, the highest yield was obtained in comparison with other variants. In this regard, more favorable conditions of plant growth contribute to better formation of chlorophyll and increase its activity.

Key words: root chicory, sowing time, chlorophyll, soil moisture, dry weight, wet weight.

Введение

Перед учеными издавна стоял вопрос о том, какие же показатели тесно коррелируют с биологическим и технологическим урожаем сельскохозяйственных растений, поскольку именно правильный выбор этих показателей позволит не только спрогнозировать урожай, но и подобрать способы воздействия на них и, таким образом, корректировать продукционные процессы в посевах. Вполне понятно, что именно фотосинтезу принадлежит первоочередное внимание, ведь от него зависит образование органических соединений и формирования урожая [1, с. 76; 2, с. 119].

По утверждению А. А. Ничипоровича, наиболее характерной особенностью процесса фотосинтеза является аккумуляция и преобразования солнечной энергии. Но, прежде всего, чтобы была использована в процессе фотосинтеза энергия должна поглощаться. Таким экраном поглощения световой энергии в растении является хлорофилл. Однако сам хлорофилл как химическое вещество не является аппаратом усвоения света, а сложный комплекс структур, который состоит из белков, фосфолипидов, каротинов и других пигментов, называемых хлоропластами [3, с. 12].

Изучение ассимиляционных структур растений и прежде всего, пигментов – хлорофиллов и каротинов (главных фоторецепторов растительных клеток) – имеет важное значение для анализа взаимодействия растений с условиями среды и исследования адаптации их к различным факторам [4, с. 58].

Как показали исследования М. М. Макрушина, Н. Н. Третьякова, Т. В. Карнаухова, Л. А. Паничкина, главной характеристикой адаптации фотосинтетического аппарата к условиям окружающей среды является содержание хлорофилла в фотосинтезирующих тканях растений. Объективное представление об эффективности поглощения солнечной энергии фотосинтетической поверхностью и роль хлорофилла в адаптивном, а потому и в продукционном процессе дает показатель отношения массы пигмента к площади или единицы площади органа, который его содержит. Он определяет эф-

фективность поглощения солнечной энергии фотосинтезирующей поверхностью и характеризует роль хлорофилла в продукционном процессе [5, с. 243; 6, с. 152].

В своих научных трудах К.А. Тимирязев характеризовал хлорофилл как «... химическое вещество, без которого не было бы жизни на земле». Он определил роль хлорофилла в жизни растительного мира и всей биосферы, а также его спектральные свойства [7, с. 237].

А. А. Жученко, установил, что значительное влияние на биосинтез хлорофилла имеют также такие факторы, как освещение, температура, влажность почвы, возраст листьев. Способность растения при любых изменениях погодных условий в течение вегетационного периода эффективно использовать солнечную энергию свидетельствует о высоком адаптационном потенциале, что прослеживается в динамике изменения содержания зеленых пигментов хлоропластов растения [8, с. 261].

Исследования В. П. Миколайка, О. В. Ткача подтверждают, что интенсивное накопление хлорофилла в листьях, без которого невозможно фотосинтез, свидетельствует о нормальном физиологическом состоянии растений в целом и является одним из важнейших показателей, определяющих количество и качество урожая цикория корнеплодного [9, с. 79; 10, с. 344].

Изучению хлорофилла посвящено много исследований. Практически полностью изучены свойства хлорофилла, его физиологическая и биохимическая роль в жизни растений, образование и накопление его в листьях и другие вопросы. Вместе с тем недостаточно освещены в литературе вопросы, связанные с продуктивностью хлорофилла в растениях цикория корнеплодного на разных этапах онтогенеза, имеет особое значение в оценке влияния элементов технологии выращивания на продуктивность посевов.

Поэтому **целью нашей работы** был сравнительный анализ содержания хлорофилла в листьях цикория корнеплодного на разных этапах онтогенеза и поиск его связи с продуктивностью в зависимости от сроков сева и наличия влаги в почве в условиях Правобережной Лесостепи Украины.

Основная часть

Исследования проводились на Хмельницкой государственной сельскохозяйственной опытной станции Института кормов и сельского хозяйства Подолья НААН Украины на протяжении 2012–2016 гг.

Грунт опытного поля – чернозем оподзоленный крупнопылевато-среднесуглинистый на лессовидных суглинках. Содержание гумуса (по Тюрину) в слое 0–30 см составляет 2,8–3,6 %. Содержание соединений азота, что легко гидролизуются (по Корнфилду) составляет 9,0–11,6 мг на 100 г почвы, подвижного фосфора (по Чирикову) 6,0–8,5 мг на 100 г почвы и обменного калия (по Чирикову) – 6,9–10,0 мг на 100 г почвы.

Климат Правобережной Лесостепи Украины умеренно-континентальный. По многолетним данным, средняя температура самого холодного месяца – января – 5–6 °С мороза, а самого теплого – июля, 19–20 °С тепла. Сумма активных температур воздуха выше 10 °С составляет за год 2460–2480 °С, продолжительность безморозного периода – в среднем 165–170 суток, осадков выпадает за год 600 мм, из них около 330–380 мм приходится на вегетационный период.

Фенологические наблюдения и биометрические исследования проводили по методикам Б. А. Доспехова, В. Ф. Мойсейченка [11, с. 278; 12, с. 216].

В результате многочисленных определений содержания количества хлорофилла в листьях растений цикория корнеплодного, выращенного при разных сроках посева свидетельствует (табл.1), что в тканях листьев мелких растений содержится больше хлорофилла в сырой массе, по сравнению с тканями средних и хорошо развитых растений.

Таблица 1. Содержание хлорофилла в различных по развитию листьях растениях цикория корнеплодного в зависимости от сроков посева в мг на 1 г сырой и сухой массы (среднее за 2012–2016 гг.)

Группа растений	Срок посева							
	дата отбора образцов							
	1.06		1.07		1.08		1.09	
	сырой	сухой	сырой	сухой	сырой	сухой	сырой	сухой
Подзимний срок сева (15.11 – 20.11)								
хорошо развитые	0,192	1,684	0,214	1,614	0,219	1,592	0,200	1,440
средние	0,198	1,688	0,213	1,548	0,220	1,543	0,202	1,401
мелкие	0,201	1,747	0,216	1,526	0,225	1,532	0,202	1,354
Ранневесенний срок посева (1.04 – 4.04)								
хорошо развитые	0,188	1,680	0,210	1,610	0,215	1,580	0,196	1,437
средние	0,194	1,684	0,209	1,544	0,216	1,539	0,198	1,438
мелкие	0,198	1,743	0,212	1,522	0,221	1,537	0,197	1,350
Летний срок посева (1.06 – 4.06)								
хорошо развитые	–	–	0,179	1,590	0,191	1,574	0,183	1,337
средние	–	–	0,186	1,583	0,186	1,440	0,188	1,323
мелкие	–	–	0,190	1,643	0,193	1,509	0,184	1,250

При пересчете на сухую массу наблюдается обратная картина, а именно в хорошо развитых растениях, на грамм сухой массы, содержится больше хлорофилла по сравнению с листьями мелких и

средних растений. В мелких отстающих в росте растениях только в первый период их развития бывает больше хлорофилла, как в сырой, так и в сухой массе листьев. В этот период листья еще молодые и хорошо насыщены водой. По мере старения и потери воды из тканей листьев, количество хлорофилла уменьшается в сырой массе и повышается в сухой.

Повышение содержания хлорофилла в грамме сырой массы листьев во всех группах растений проходит до тех пор, пока протекает интенсивный рост. Таким образом, от подзимнего срока посева, на первое июля, количество хлорофилла в мелких растениях составляла 0,216 мг на 1 г сырой массы, хорошо развитых – 0,214 мг на 1 г сырой массы. На период учета 1.08 количество хлорофилла в мелких растениях составляла 0,225 мг на 1 г сырой массы, хорошо развитых – 0,219 мг на 1 г сырой массы. На 1.09 количество хлорофилла в мелких растениях была 0,202 мг на 1 г сырой массы, хорошо развитых – 0,200 мг на 1 г сырой массы. Анализ количества хлорофилла в листьях свидетельствует, что снижение количества хлорофилла в сырой массе в мелких растениях наступает раньше и проходит более интенсивно в сравнении с хорошо развитыми растениями и средними. В таком порядке проходит и старения листьев.

Исследованиями установлено, что наибольшее количество хлорофилла в листьях растений цикория корнеплодного находится от подзимнего срока посева, как в сырой, так и в сухой массе, по сравнению с ранневесенними и летними посевами.

В хорошо развитых растениях, листья цикория корнеплодного при одинаковых условиях их выращивания хорошо обводненные, их ткани содержат большой процент воды, и это является одной из причин задержки старения листьев хорошо развитых растений. Поэтому более обводненные растения содержат меньше хлорофилла, что подтверждается выращиванием растений при разной влажности почвы (табл. 2).

Таблица 2. Содержание хлорофилла в листьях цикория корнеплодного, выращенного при разной влажности почвы от ранневесеннего срока посева (1.04–4.04) мг на 1 г массы (среднее за 2012–2016 гг.)

Влажность почвы, %	Дата отбора образцов									
	15.07		1.08		15.08		1.09		20.09	
	сырой	сухой	сырой	сухой	сырой	сухой	сырой	сухой	сырой	сухой
90	0,179	1,431	0,183	1,461	0,234	1,795	0,222	1,594	0,232	1,603
80	0,216	1,413	0,204	1,343	0,265	1,685	0,272	1,619	0,260	1,588
60	0,225	1,391	0,211	1,306	0,251	1,584	0,258	1,596	0,253	1,496
40	0,273	1,431	0,146	0,761	0,310	1,163	0,211	1,466	0,219	1,296

У растений цикория корнеплодного, которые выращивались при 90 % влажности почвы НВ, содержание хлорофилла в сырой массе было меньше, а в сухой больше, по сравнению с растениями других вариантов. А именно: при 90 % влажности почвы, на период учета 15.08, количество хлорофилла составляла 0,234 мг на 1 г сырой массы, и 1,795 мг на 1 г сухой массы. При 80 % влажности почвы, количество хлорофилла в сырой массе была выше на 0,034 мг на 1 г сырой массы, и меньше на 0,11 мг на 1 г сухой массы. Аналогичная тенденция наблюдалась на вариантах с влажностью почвы 60 % и 40 %. За исключением, на варианте 40 % влажности почвы, на период учета 15.07, наблюдали увеличение хлорофилла в сухой массе до 1,431 мг на 1 г сухой массы.

Наибольшее количество хлорофилла содержалось в сырой массе при 80 % влажности почвы от ранневесеннего срока посева. В этом случае был получен и наиболее высокий урожай по сравнению с другими вариантами. В связи с этим более благоприятные условия роста растений способствуют и лучшему формированию хлорофилла, и повышению его деятельности.

Результаты определения суточной ассимиляции CO₂ одним мг хлорофилла приведены в табл. 3.

Таблице 3. Ассимиляционное число в разных группах по интенсивности развития растениях цикория корнеплодного от ранневесеннего срока посева (среднее за 2012–2016 гг.)

Варианта опыта	Хлорофилл в растении, мг	Прирост массы за 10 ч. в мг	Ассимилировано CO ₂ , мг	Ассимиляционное число
хорошо развитые	51,49	2230	3271	63,52
средние	39,48	1650	2420	61,29
мелкие	27,66	1130	1657	59,91

Экспериментальными исследованием установлено, что за вегетационный период среднесуточное ассимиляционное число в хорошо развитых растениях выше, по сравнению к средним и мелким растениям. Таким образом, ассимиляционное число в мелких растениях составляет 59,91, в средних – 61,29 и в хорошо развитых растениях – 63,52. Ассимиляционное число коррелирует с обводнением тканей листьев. Такая же закономерность наблюдается и у растений, выращенных при разной влажности почвы. Растения, выращенные при лучшей влажности почвы, содержат в тканях более высокий процент воды, в них и выше ассимиляционное число, а потому и деятельность хлорофилла, чем у растений, менее обеспеченных влагой.

Таким образом, ткани листьев, которые сильно насыщены водой, отличаются более активной поверхностью поглощения. Протоплазма клеток в данном случае более подвижная из-за лучшей обводненности. В таких условиях доступ углекислого газа к каждой пластине, и каждому хлорофилловому зерну легче, чем к клетке с более плотной и менее обводненной протоплазмой. Этим и обуславливается более высокая ассимиляционная способность хлорофилла в хорошо развитых, интенсивно развивающихся растениях.

Заключение

1. В тканях листьев мелких растений содержится больше хлорофилла в сырой массе, по сравнению с тканями средних и хорошо развитых растений. При пересчете на сухую массу наблюдается обратная картина, а именно в хорошо развитых растениях на грамм сухой массы содержится больше хлорофилла по сравнению с листьями мелких и средних растений.

2. Наибольшее количество хлорофилла в листьях растений цикория корнеплодного находится от подзимнего срока посева, как в сырой, так и в сухой массе, по сравнению с ранневесенними и летними посевами.

3. При ранневесеннем сроке посева наибольшее количество хлорофилла в сырой массе содержится при влажности почвы 80 % НВ.

4. Среднесуточное ассимиляционное число за вегетационный период в хорошо развитых растениях выше, по сравнению со средними и мелкими растениями. Установлено, что в мелких растениях оно составляет 59,91, в средних – 61,29 и в хорошо развитых растениях – 63,52.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мусієнко, М. М. Спектрометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М. М. Мусієнко, Т. В. Паршикова, П. С. Славний. – К.: Фітоцентр, 2001. – 199 с.

2. Кочубей, С. М. Организация фотосинтетического аппарата высших растений / С. М. Кочубей. – К.: Альтерпрес, 2001. – 204 с.

3. Ничипорович, А. А. Некоторые принципы комплексной оптимизации фотосинтетической деятельности и продуктивность растений / А. А. Ничипорович // Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. – М.: Изд. АН СССР, 1970. – С. 6–22.

4. Saglam, A. The relations between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean cultivars differing in sensitivity to drought stress / A. Saglam, N. Saruhan, R. Terzi, A. Kadroglu // Физиология растений. – 2011. – Т. 58, № 1. – С. 58–66.

5. Фізіологія рослин: Підручник / М. М. Макрушин, Е. М. Макрушина, Н. В. Персон, М. М. Мельников; за ред. М. М. Макрушина. – Вінниця: Нова книга, 2006. – 413 с.

6. Третьяков, Н. Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Т. В. Карнаухова, Л. А. Паничкин и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.

7. Тимирязев, К. А. Жизнь растения: десять общедоступных чтений / К. А. Тимирязев. – 6-е изд. – М.: изд. М. и С. Сабашниковых, 1905. – XVI, 348 с.

8. Жученко, А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) / А. А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 432 с.

9. Миколайко, В. П. Фотосинтетичний потенціал та інтенсивність квіткоутворення цикорію корнеплідного на насіння залежно від агротехнологічних прийомів його вирощування / В. П. Миколайко // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2016. – Вип. 3 (91). – С. 79–88.

10. Ткач, О. В. Цикорій і особливості його вирощування / О. В. Ткач // Наукові праці ІБКіЦБ. – К.: ФОП Корзун Д. Ю., 2012. – Вип. 15. – С. 343–348.

11. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

12. Моисейченко, В. Ф. Основы научных исследований в агрономии / В. Ф. Моисейченко, М. Ф. Трифонова, А. Х. Завирюха. – М.: Колос, 1996. – 336 с.