

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СРОКОВ СЕВА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В УКРАИНЕ

*В работе приведены результаты численных экспериментов и дана количественная оценка влияния различных сроков сева на интенсивность фотосинтетической деятельности растений культуры сахарной свеклы в основных природно-климатических зонах Украины: Полесье, Лесостепи, Южной и Северной степи.*

**Ключевые слова:** динамическая модель, чистая продуктивность фотосинтеза, фотосинтетический потенциал, площадь листьев, сроки сева.

**Вступление.** Сахарная свекла единственная культура в нашей стране, которая возделывается на сахар. Родина маревых – континенты и острова южного полушария, где произрастают виды с самыми древними признаками. Первые формы культурной свеклы листового направления были отобраны из низкосахаристых, коротко стадийных популяций в условиях мотыжного, а затем пашенного огородного поливного земледелия Месопотамии, по-видимому, в третьем тысячелетии до н.э. [1].

Сахарная свекла растение длинного дня, требовательное к свету. Продолжительность и интенсивность солнечного света оказывают большое влияние на рост и развитие растений, а также на накопление сахара. Чем лучше освещенность, тем успешнее протекает процесс синтеза углеводов. Недостаток света, напротив, резко снижает урожай и сахаристость.

Культура сахарной свеклы отличается относительной засухоустойчивостью, обусловлено это мощной, хорошо развитой корневой системой, которая позволяет растениям использовать влагу из глубоких слоев почвы, что, в свою очередь, дает возможность возделывать ее по всей территории Украины.

**Материалы и методы исследований.** Развитие растений и формирование урожая - это очень сложная совокупность целого ряда физиологических процессов, связанная с факторами внешней среды. Процессы фотосинтеза, дыхания и роста в агрометеорологических расчетах описываются с помощью динамических моделей продукционного процесса растений.

Первые работы по динамическим моделям формирования урожайности сахарной свеклы были разработаны зарубежными учеными. Так простую описывающую модель роста сахарной свёклы разработали Остин и Патефильд [2]. Их модель предназначена только для описания роста сахарной свеклы в посевах с однородным характером произрастания, когда питательные вещества и влага не являются лимитирующими.

Мантис [3] предложил метод расчёта фотосинтеза, где интенсивность коротковолновой радиации изменяется синусоидально на протяжении дня от восхода до захода солнца.

Согласно модели сахарной свёклы SUBGR0W [4], разработанной в США, моделирование роста сахарной свёклы на протяжении всего вегетационного периода проводилось по гипотезе об «иерархии приоритетов» разных процессов в использовании фотосинтеза. Первостепенным считался рост свёклы (дыхание), потом рост мочковатого корня и рост корнеплода.

Все модели оценки развития и созревания сельскохозяйственных культур учитывают влияние температуры окружающей среды на темпы развития растений, так как она является регулятором синтеза гормонов роста и развития. Так же в моделях учитывается и фотопериодизм.

3. Чалаби и Дж. Милфорд [5] предложили модель развития листовой поверхности сахарной свеклы и взаимосвязи между накоплением надземной биомассы растения и её продуктивностью.

Новую долгопериодическую динамическую модель роста, развития и формирования урожая сельскохозяйственных культур предложил Полевой А.Н. [6]. В ней был разработан новый подход к распределению ассимилянтов, который учитывал донорно-акцепторные отношения между производящими и потребляющими тканями и их изменение в онтогенезе под влиянием эндогенных и экзогенных факторов, К модели был предложен блок распределения.

Впервые для культуры сахарной свеклы в Украине динамическая модель продукционного процесса была разработана О.В. Вольвач [7].

Динамические модели продуктивности сельскохозяйственных культур дают возможность исследовать зависимость фотосинтеза и дыхания, прироста растительной массы и урожайности, как от факторов внешней среды (их экстремальных значений и среднего уровня в течение суток, хода в период вегетации), так и от параметров, в значительной мере определяющих структуру самого посева [6].

С помощью модели формирования урожая можно исследовать фотосинтетическую деятельность посевов в различных ситуациях и различных природно-климатических зонах. При этом могут быть рассмотрены самые различные сочетания параметров, характеризующих условия произрастания.

В данной статье ставится задача с помощью численных экспериментов количественно оценить влияние различных сроков сева на интенсивность фотосинтетической деятельности в посевах сахарной свеклы в основных природно-климатических зонах Украины: Полесье (Черниговская область), Лесостепь (Винницкая область), Северная степь (Кировоградская область) и Южная степь (Николаевская область). В качестве теоретической основы исследования использована динамическая модель формирования урожая сельскохозяйственных культур [6] адаптированная и модифицированная нами применительно к культуре сахарной свеклы.

Взгляды некоторых авторов [8, 9] на различные сроки сева, при которых складываются оптимальные условия для образования всходов сахарной свеклы, очень противоречивы. По данным [8] семена прорастают при температуре от 2 до 35 °С. Но при низкой температуре 2 - 5 °С (ранние сроки сева), в холодную затяжную весну семена прорастают свободно, и период от посева до всходов может растянуться на 45 – 60 дней. Ряд авторов [10] считает оптимальными сроками для сева более поздние сроки, когда температура составляет выше 11 °С, и всходы появляются уже на девятый день. При ранних сроках сева, если возвращаются холода, всходы могут быть повреждены. Однако, по данным [8] всходы сахарной свеклы без особого повреждения выдерживают кратковременные снижения температуры до – 4 °С.

**Результаты исследований и их анализ.** Вопрос изменчивости параметров модели в зависимости от природно-климатических зон возделывания культуры сахарной свеклы и сроков сева представляет собой значительный интерес. Данный численный эксперимент был проведен на основе среднемноголетних данных за период с 1961 по 1990 года. С помощью модифицированной модели были рассчитаны основные показатели интенсивности фотосинтеза и урожая культуры сахарной свеклы по основным природно-климатическим зонам Украины: Полесью, Лесостепи, Южной и Северной степях.

В результате выполненной работы оказалось возможным дать количественную оценку влияния сроков сева на интенсивность фотосинтетической деятельности растений в посевах и урожай корнеплодов сахарной свеклы в разрезе по четырем

Таблица 1. Влияние сроков сева на основные показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах и урожай корнеплодов сахарной свеклы по основным природно-климатическим зонам Украины

Природно-климатические зоны	Сроки сева	Кол-во декад	Максимальная площадь листьев м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Чистая продуктивность фотосинтеза в период с максимальной площадью листьев г/м <sup>2</sup> · сутки <sup>-1</sup>	Фотосинтетический потенциал, м <sup>2</sup> · м <sup>-2</sup>	K <sub>хоз.</sub>	Температура воздуха, °С, в декаду сева	Сумма эффективных температур выше 5°С, за период вегетации	Урожай сухой биомассы корнеплодов, г/м <sup>2</sup>	Урожай, ц/га при стандартной влажности (75%)
Полесье (Черниговская)	11.04	16	7,5	2,8	631	0,43	7,4	1747	635	237
	21.04	16	7,42	2,66	669	0,44	9,8	1781	643	242
	01.05	15	7,56	2,64	670	0,43	13,0	1734	632	240
	11.05	14	7,14	2,67	617	0,43	14,7	1648	596	228
	21.05	14	6,95	2,54	605	0,44	15,5	1597	580	224
Лесостепь (Винницкая)	26.04	17	7,66	2,76	685	0,43	9,9	1819	665	256
	06.05	17	7,42	2,62	695	0,43	12,5	1797	651	254
	16.05	16	7,02	2,61	636	0,44	14,2	1714	618	239
	26.05	14	6,46	2,57	542	0,43	16,4	1496	532	207
Северная Степь (Кировоградская)	14.04	17	5,76	2,72	535	0,44	8,9	2046	499	181
	24.04	17	5,75	2,63	541	0,43	11,9	2051	504	184
	04.05	16	5,55	2,62	510	0,43	13,4	1978	482	176
	14.05	16	5,56	2,49	511	0,43	15,2	1926	474	174
Южная Степь (Николаевская)	04.04	17	5,59	3,15	438	0,43	8,5	2133	492	169
	14.04	17	5,91	3,17	543	0,44	9,1	2215	561	187
	24.04	17	6,19	3,12	542	0,43	11,6	2236	577	193
	04.05	17	5,86	2,94	432	0,43	14,1	2200	544	185
	14.05	17	5,85	2,81	561	0,43	16,0	2173	543	181

основным природно-климатическим зонам Украины. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Интересно заметить, что средняя за декаду температура воздуха на момент сева сахарной свеклы в Полесье и Лесостепи (третья декада апреля и первая декада мая) находилась в одном диапазоне: Полесье – 9,8°C и 13,0°C, Лесостепь – 9,9°C и 12,5°C. Средняя за декаду температура воздуха на момент сева сахарной свеклы в Южной и Северной степях (вторая и третья декады апреля) также находились в одном диапазоне и составили: Северная степь – 8,9°C и 11,9°C, Южная степь – 9,1°C и 11,6°C.

Значения максимальных сумм эффективных температур за период вегетации в Полесье и Лесостепи пришлось на третью декаду апреля и первую декаду мая: в Полесье – 1781°C и 1734°C, в Лесостепи – 1819°C и 1797°C соответственно. В Северной и Южной степях значения максимальных сумм эффективных температур за период вегетации пришлось на вторую и третью декады апреля, и составили: 2046°C и 2051°C в Северной степи, 2215°C и 2236 °C в Южной степи.

Так максимальные показатели площади листьев в Полесье и Лесостепи приходятся на сроки сева в третью декаду апреля и первую декаду мая и составляют, соответственно: в Полесье – 7,42 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> и 7,56 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, а в Лесостепи – 7,66 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> и 7,42 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. А вот в Северной и Южной степях максимальные показатели площади листьев пришлось на сроки сева во вторую и третью декады апреля и составили: в Северной степи – 5,76 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> и 5,75 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, а Южной степи - 5,19 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> и 6,19 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

На рис. 1 представлен график динамики изменения площади листьев сахарной свеклы по декадам за период вегетации в Лесостепи. Из рисунка видно, что максимальные показатели площади листьев приходятся на первый и второй сроки сева, что соответствует третьей декаде апреля и первой декаде мая.

Рассмотрим чистую продуктивность фотосинтеза в период, соответствующий максимальной площади листьев. В Полесье и Лесостепи в третью декаду апреля и первую декаду мая чистая продуктивность фотосинтеза составила: Полесье - 2,66 г/м<sup>2</sup>·сутки и 2,64 г/м<sup>2</sup>·сутки, Лесостепь - 2,76 г/м<sup>2</sup>·сутки и 2,62 г/м<sup>2</sup>·сутки соответственно. Чистая продуктивность в Северной и Южной степи во вторую и третью декады апреля составила: Северная степь – 2,72 г/м<sup>2</sup>·сутки и 2,63 г/м<sup>2</sup>·сутки, Южная степь – 3,17 г/м<sup>2</sup>·сутки и 3,12 г/м<sup>2</sup>·сутки соответственно.

Интенсивность фотосинтеза (ЧПФ) определяет продукционный процесс сахарной свеклы. Одним из внешних проявлением фотосинтеза является увеличение массы фотосинтезирующих тканей за счет фотосинтетического образования органических веществ. Кривые динамики ЧПФ сахарной свеклы в Лесостепной зоне Украины по декадам за период вегетации представлены на рис.2. Как следует из рисунка, максимальные значения ЧПФ пришлось на период с третьей декады мая до конца июня, что соответствует межфазному периоду пятый настоящий лист – начало роста корнеплода. Сумма эффективных температур за этот период составила порядка 400 – 700 °C. Величина ЧПФ находились в интервале от 4,58 - 4,85 г/м<sup>2</sup>.

Проанализировав показатели фотосинтетического потенциала в каждой природно-климатической зоне в различные сроки сева, мы видим, что максимальные значения в Полесье и Лесостепи приходятся также на третью декаду апреля и первую декаду мая и составляют: Лесостепь – 669 м<sup>2</sup>·сутки·м<sup>-2</sup> и 670 м<sup>2</sup>·сутки·м<sup>-2</sup>, Полесье – 685 м<sup>2</sup>·сутки·м<sup>-2</sup> и 695 м<sup>2</sup>·сутки·м<sup>-2</sup> соответственно. Северной и Южной степи максимальные значения фотосинтетического потенциала приходятся на вторую и третью декады апреля: Северная степь – 535 и 541 м<sup>2</sup>·сутки·м<sup>-2</sup>, Южная степь – 543 и 542 м<sup>2</sup>·сутки·м<sup>-2</sup> соответственно.

Максимальные показатели урожая сахарной свеклы (при стандартной влажности) в Полесье и Лесостепи также как и максимальные показатели площади листьев

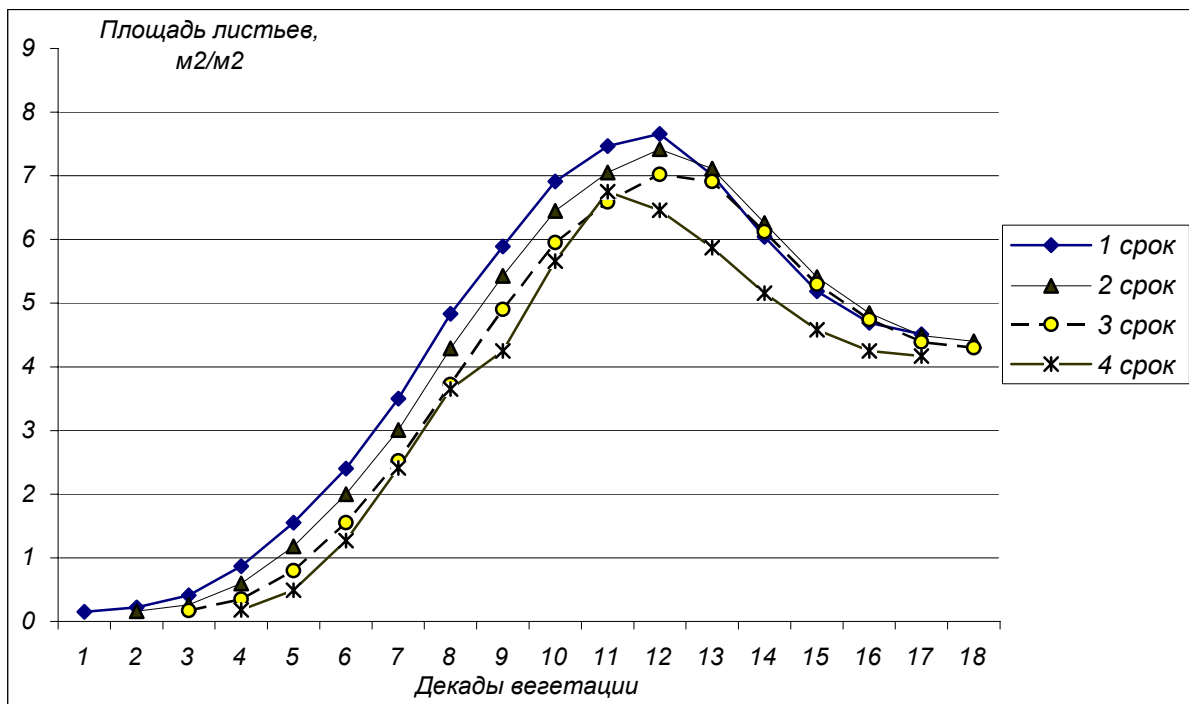


Рис.1– График динамики изменения площади листьев сахарной свеклы по декадам за период вегетации в Лесостепной зоне Украины.

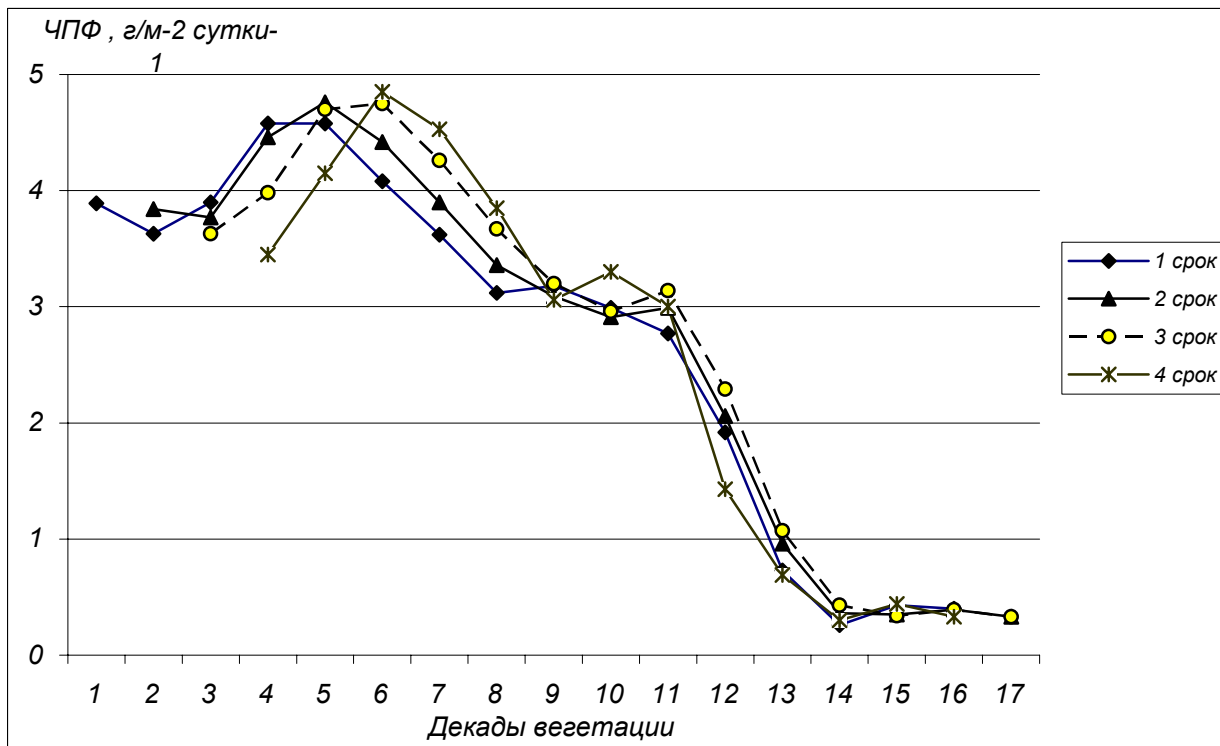


Рис.2 – График динамики чистой продуктивности фотосинтеза у растений сахарной свеклы по декадам за период вегетации в Лесостепи.

пришлись на третью декаду апреля и первую декаду мая. Урожай в этих природно-климатических зонах составил: Полесье – 242 ц/га и 240 ц/га, Лесостепь – 256 ц/га и 254 ц/га соответственно.

В Северной и Южной степи максимальные показатели урожая сахарной свеклы (при стандартной влажности) также как и максимальные показатели площади листьев, пришлись на вторую и третью декады апреля и составили: Северная степь – 181 ц/га и 184 ц/га, Южная степь – 187 ц/га и 193 ц/га соответственно.

Рассмотрим урожай сухой массы корнеплодов в декады, которым соответствуют максимальные показатели площади листьев. В Полесье в третью декаду апреля и первую декаду мая урожай сухой массы корнеплодов составил 643 г/м<sup>2</sup> и 632 г/м<sup>2</sup> соответственно, а в Лесостепи – 665 г/м<sup>2</sup> и 651 г/м<sup>2</sup> соответственно. В Северной степи во вторую и третью декады апреля показатели урожая сухой массы корнеплодов сахарной свеклы составили 499 г/м<sup>2</sup> и 504 г/м<sup>2</sup> соответственно. В Южной степи эти показатели составили соответственно – 561 г/м<sup>2</sup> и 577 г/м<sup>2</sup>.

**Выводы.** В результате выполненной работы было изучено влияние различных сроков сева на интенсивность фотосинтетической деятельности растений культуры сахарной свеклы в основных природно-климатических зонах Украины: Полесье, Лесостепи, Северной и Южной степи. Дана сравнительная количественная оценка продуктивности сахарной свеклы в различных природно-климатических зонах при различных сроках сева.

### Список литературы

1. Физиология сельскохозяйственных растений. Т. VII. – М.: Московский Университет, - 1968. – 423 с.
2. Patefield W.M., Austin R.B. A model for the simulation of the growth of Beta vulgaris. – Ann. Bot., 1971, V.35, №.143, P.1227–1250.
3. . Monteitn J.L. Light distribution and photosynthesis in field crops. - Ann. Bot., 1965, V.29, P.17–37.
4. Chalabi Z.S., Milford G.F.J., Pay W. Stochastic model of the leaf area expansion of the sugar beet plant in a field crop. Agr. And Forest Meteorol., 1986, V.38., №.4, P.319–336 с.
5. Fick G.W., Williams W.A., Loomis R.S. Compute simulation of dry matter distribution during sugar beet growth. – Crop Sci., 1973, V.13, №.4, P.413–417.
6. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, - 1983. – 176 с.
7. Вольвач О.В. Метод оцінки та прогнозування агрометеорологічних умов формування врожайності цукрового буряку в Україні // Автореф. дис.на соискание уч. степени канд. геогр. наук. – Одеса, 1995. - 18 с.
8. Бузанов И.Ф. Сахарная свекла. – М.: Сельхозиздат, - 1963. – 215 с.
9. Якушкин И.В. Сахарная свекла. – М.: Сельхозиздат, - 1953. – 325 с.
10. Борисюк В.А., Волянский А.В. Сахарная свекла. / В кн.: Программирование урожаяев – в основу прогрессивных технологий. – Киев: Урожай, 1984. – С.63-96.

**Вплив різних строків сівби на фотосинтетичну продуктивність цукрового буряка в Україні.  
Костюкєвич Т.К.**

*В роботі були приведені результати чисельних експериментів і дана кількісна оцінка впливу різних строків сівби на інтенсивність фотосинтетичної діяльності рослин культури цукрового буряка в основних природнокліматичних зонах України: Поліссі, Лісостепу, Південному і Північному степу.*

**Ключові слова:** динамічна модель, чиста продуктивність фотосинтезу, фотосинтетичний потенціал, площа листя, строки сівби.

**Influence of different terms of sowing on photosynthetic productivity of sugar beet in Ukraine.**

**Kostiukevych T.K.**

*In work the results of numeral experiments are resulted and quantitative estimation of influencing of different terms of sowing on intensity of photosynthetic activity of plants of culture of sugar beet in the basic natural – climatic areas of Ukraine is given: Polese, Forest-steppe, South and North steppe.*

**Keywords:** dynamic model, clean productivity of photosynthesis, photosynthetic potential, area of leaves, terms of sowing.