

УДК 551.509+635.21

С. М. Свидерская, к.г.н.

Одесский государственный экологический университет

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕСЕННИХ ЗАМОРОЗКОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ КАРТОФЕЛЯ

*Излагаются результаты численных экспериментов по оценке влияния весенних заморозков, которые наблюдались в 3 декадах из 11 исследуемых, на накопление биомассы отдельных органов растения картофеля и формирования урожайности в целом применительно к условиям Кировоградской области.*

**Ключевые слова:** заморозок, картофель, модель, моделирование, фотосинтез, биомасса, вегетация.

**Введение.** Культура картофеля является для Украины одной из ведущих сельскохозяйственных культур. Многочисленными исследованиями установлено, что картофель культурных сортов является растением умеренного климата, обладает большой пластичностью, наиболее устойчивые его урожаи получают в районах средних широт, имеющих относительно невысокую температуру в период вегетации [6].

Разнообразное использование картофеля обусловлено его ценными свойствами. Клубни содержат белок высокого качества, витамины и другие вещества, что делает его исключительно важным продуктом питания [2].

В условиях Украины значительные повреждения картофелю наносятся поздними весенними заморозками, когда растения находятся в фазе всходы-появление боковых побегов. Первичное воздействие заморозка состоит в нарушении структуры хлоропластов, что вызывает снижение хлорофилла после заморозка. Главной причиной снижения интенсивности фотосинтеза является нарушение синтеза хлорофилла. От содержания хлорофилла зависит и начальный наклон, и плато световой кривой фотосинтеза [5].

**Цель** этой работы – оценить влияние весенних заморозков на накопление биомассы отдельных органов картофеля и формирования урожайности в целом применительно к условиям Кировоградской области.

**К задачам** данной работы следует отнести разработку численного эксперимента по оценке влияния весенних заморозков на формирование урожайности картофеля и накопление биомассы отдельных органов картофеля в условиях Кировоградской области.

Кировоградская область расположена на правобережье Днестра, в южной части Приднепровской возвышенности, в лесостепной и степной зонах. Площадь ее 24,9 тыс. км<sup>2</sup>. Поверхность области представляет волнистую равнину, сильно расчлененную речными долинами и многочисленными оврагами и балками. Почвенный покров сравнительно однообразный. В поймах рек аллювиальные почвы, на склонах долин и водоразделах в юго-восточной части области обыкновенные среднегумусные черноземы, а в северо-западной – мощные черноземы; среди последних наблюдается многочисленными пятнами светло-серых, серых и темно-серых оподзоленных почв и малогумусных выщелоченных черноземов. Юго-восточная часть области представляет собой степь, северо-западная лесостепь. Климат области континентальный умеренно теплый [1].

**Материалы и методы исследования.** В основу работы положена разработанная нами модель формирования урожая картофеля, которая включает описание влияния низких повреждающих температур на основные процессы жизнедеятельности растений и формирование урожая [7]. По средним многолетним данным высадка картофеля производится в третьей декаде апреля. Разница между наиболее ранним и наиболее поздним сроками высадки в одном и том же пункте в разные годы может быть около месяца. Всходы картофеля появляются на 25-35-й день. Зацветает картофель в конце июня – начале июля, ботва увядает обычно во второй половине августа [1].

Вероятность повреждения всходов картофеля заморозками при посадке 11 и 21 апреля не превышает 5% лет в южной части области, 10% лет в центральной и 20% лет в западной части области. Повреждений всходов картофеля заморозками при посадке 1 мая не наблюдалось [1]. Температурные условия Кировоградской области, за исключением крайних западных районов, не вполне благоприятны для выращивания картофеля [1].

На основе имеющихся теоретических [3,4] и экспериментальных данных опишем скорость фотосинтеза сразу после заморозка следующим выражением:

$$\frac{\Delta\Phi_{fr}}{\Delta t} = \frac{1}{\frac{1}{\Phi_{pot}^i(fr)K_{NPK}} + \frac{1}{a_c(fr)C_0} + \frac{1}{a_\phi^i(fr) \cdot \Pi^i}}, \quad (1)$$

где  $\frac{\Delta\Phi_{fr}}{\Delta t}$  - интенсивность фотосинтеза после заморозка;  $\Phi_{pot}^i(fr)$  - интенсивность потенциального фотосинтеза после заморозка;  $a_c(fr)$  - наклон углекислой кривой фотосинтеза после заморозка;  $a_\phi^i(fr)$  - наклон световой кривой фотосинтеза  $i$ -го органа растения, поврежденного заморозком:

$$a_\phi^i(fr) = a_{\phi i} k_{af}, \quad (2)$$

где  $k_{af}$  - безразмерный коэффициент, показывающий, насколько изменяется начальный наклон световой кривой фотосинтеза в зависимости от содержания хлорофилла.

Площадь ассимилирующей поверхности сразу же после заморозка оценивается исходя из того, что при повреждающих заморозках, в растении снижается содержание белков, т.е. количество функционирующей биомассы. Относительная площадь ассимилирующей поверхности на начало следующего после заморозка дня определяется из соотношения:

$$L_{fr}^j = L_{ir}^{j-1} k_f, \quad (3)$$

где  $k_f$  - параметр, характеризующий степень повреждения растений заморозком в зависимости от его интенсивности, безразмерный.

Аналогично определяется и количество функционирующей биомассы после повреждающего воздействия заморозка:

$$\tilde{m}_{ifr} = m_i^{j-1} k_f, \quad (4)$$

Под влияние заморозка снижается интенсивность дыхания.

Теоретически возможны два пути введения в модель влияния заморозков на дыхание [4]. Учитывая, что первичной причиной снижения интенсивности дыхания после заморозка является нарушение дыхательных структур в период заморозка, степень ослабления дыхания сразу после заморозка может быть учтена как степень нарушения структур. Было введено влияние заморозка на дыхание роста и дыхание поддержания структур, которые, соответственно, рассчитываются с учетом изменений интенсивности фотосинтеза  $\Phi_{fr}$  после повреждающего воздействия заморозка и количества функционирующей биомассы  $\tilde{m}_{ifr}$ .

Скорость роста вегетативных и репродуктивных органов у растений, поврежденных заморозком, описывается системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta m_{ifr}^j}{\Delta t} &= \frac{\beta_{ifr}^j}{1 + C_{G_i}} - \frac{(\alpha_{R_i}^j C_{mi} \varphi_R^j + \mathcal{G}_{ifr}^j) \tilde{m}_{ifr}^j}{1 + C_{G_i}} \\ \frac{\Delta m_{pfr}^j}{\Delta t} &= \frac{\beta_{pr}^j \Phi_{fr}^j}{1 + C_{G_p}} - \frac{(\alpha_{RP}^j C_{mp} \varphi_R^j \tilde{m}_{pfr} - \sum_i^{l,s,r} \mathcal{G}_{ifr}^j \tilde{m}_{ifr}^j)}{1 + C_{G_p}} \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

$i \in l, s, r$

где  $\Delta m_i(p)f_r / \Delta t$  - скорость роста  $i$ -го вегетативного (репродуктивного) органа после воздействия заморозка,  $\text{г} \cdot \text{м}^{-2} \text{сут}^{-1}$ ;  $\mathcal{G}_{ifr}$  - ростовые функции периода репродуктивного роста после воздействия заморозка,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Функции периода репродуктивного роста при повреждении растений заморозками определим из соотношения:

$$\mathcal{G}_{ifr} = \kappa_{i,gr} \mathcal{G}_i, \quad (6)$$

где  $\kappa_{i,gr}$  - параметр, характеризующий изменение ростовой функции в зависимости от интенсивности заморозка, безразмерный.

Переохлаждение во время заморозка у активно вегетирующих незакаленных растений приводит к нарушению процессов фотосинтеза и дыхания, а в последствии – к снижению продуктивности растений.

**Результаты исследования и их анализ.** В данном численном эксперименте моделируется фотосинтез, дыхание и распределение ассимилятов в растении сразу после заморозка. При моделировании динамики этих процессов в период последствия заморозков учитываются репарационные возможности растения, которые определяются биологическими особенностями данной культуры, фазой онтогенеза и состоянием растения во время непосредственного действия заморозка.

В результате численных экспериментов с моделью удалось получить данные, которые представлены в табл.1. Если сопоставить полученные данные при отсутствии

заморозков в Кировоградской области с данными, где заморозки наблюдались в 3 декадах, то можно сделать вывод, что при отсутствии заморозков в Кировоградской области сухая биомасса листьев, стеблей и растения в целом была почти в два раза больше, чем в то время когда заморозки наблюдались в 3 декадах. Интенсивность фотосинтеза при отсутствии заморозков в Кировоградской области была значительно выше, чем при наличии заморозков.

На рис.1 построен график динамики площади листьев картофеля при отсутствии весенних заморозков и когда заморозки наблюдались в 3 декадах в Кировоградской области. Из рисунка видно, что площадь листьев картофеля стремительно увеличивалась до восьмой декады вегетации, как при отсутствии заморозков, так и тогда когда заморозки были. Максимальная площадь листьев наблюдалась в восьмую декаду вегетации и составила при отсутствии заморозков –  $3,33 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , когда заморозки наблюдались в трех декадах максимальная площадь листьев была в восьмую декаду вегетации и была равна –  $2,34 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Из рисунка можно сделать вывод, что площадь листьев картофеля при отсутствии весенних заморозков была значительно больше, чем тогда, когда заморозки были в 3 декадах.

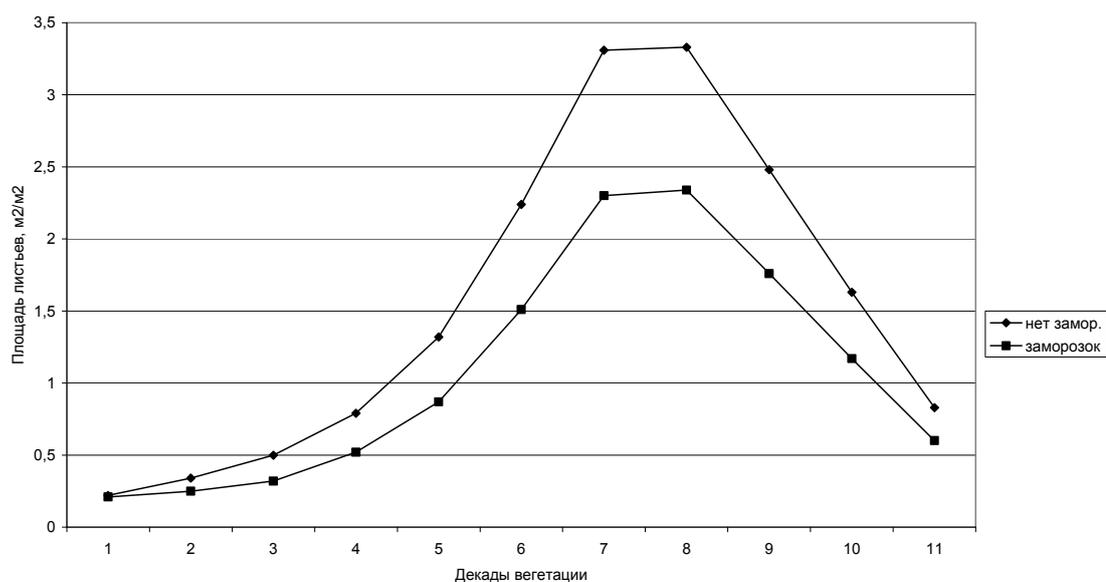


Рис. 1 - Динамика площади листьев картофеля при отсутствии весенних заморозков и когда заморозки наблюдались в трех декадах в Кировоградской области

На рис. 2 представлена биомасса клубней картофеля при отсутствии весенних заморозков и при наличии заморозков в Кировоградской области. Биомасса клубней картофеля, начала свое развитие с шестой декады вегетации и увеличивалась в течение всей вегетации, максимальная биомасса клубней наблюдалась в одиннадцатую декаду вегетации, как при отсутствии заморозков, так и при наличии заморозков. Из данного графика можно сделать вывод, что при отсутствии весенних заморозков биомасса клубней картофеля была значительно больше и составила -  $650 \text{ г}/\text{м}^2$ , чем в то время, когда заморозки наблюдались в 3 декадах и биомасса составила –  $487 \text{ г}/\text{м}^2$ .

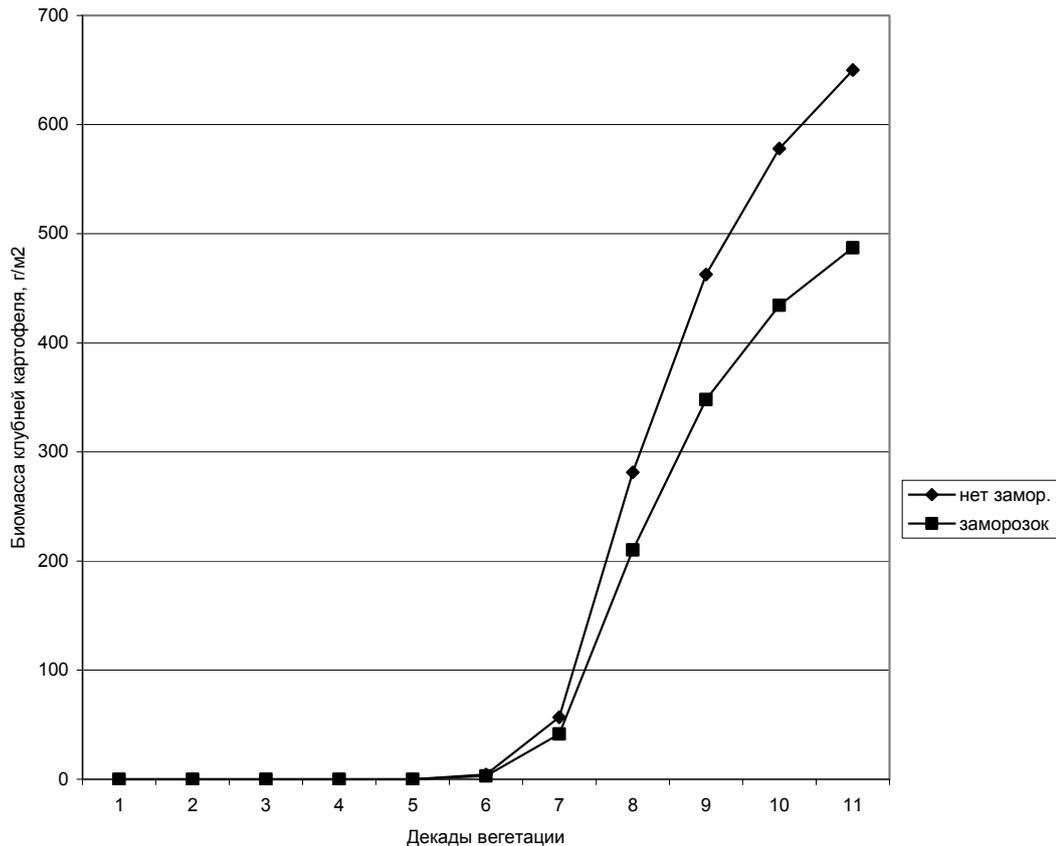


Рис. 2 - Биомасса клубней картофеля при отсутствии весенних заморозков и когда заморозки наблюдались в трех декадах в Кировоградской области

Таблица 1 – Сухая биомасса листьев, стеблей, всего растения и интенсивность фотосинтеза, в период, когда заморозки наблюдались в 3 декадах, а также при их отсутствии в Кировоградской области

Декады вегетации	Отсутствие заморозков				Заморозки наблюдались в 3 декадах			
	сухая биомасса листьев, г/м <sup>2</sup>	сухая биомасса стеблей, г/м <sup>2</sup>	сухая биомасса всего растения, г/м <sup>2</sup>	интенсивность фотосинтеза	сухая биомасса листьев, г/м <sup>2</sup>	сухая биомасса стеблей, г/м <sup>2</sup>	сухая биомасса всего растения, г/м <sup>2</sup>	Интенсивность фотосинтеза
1	1,050	0,986	0,395	0,891	0,998	0,936	0,395	0,846
2	5,537	5,307	2,767	1,269	4,228	4,047	2,633	0,961
3	12,333	11,852	14,399	2,415	7,659	7,350	11,007	1,398
4	23,815	22,908	32,020	4,293	15,282	14,691	19,902	2,825
5	44,755	43,072	61,788	7,394	29,464	28,348	39,665	4,976
6	81,655	78,606	116,076	12,147	55,256	53,184	76,434	8,449
7	124,528	119,891	216,135	17,960	86,641	83,407	146,370	13,104
8	125,330	120,666	379,755	21,300	88,219	84,930	266,150	16,223
9	115,186	110,900	606,237	15,687	81,277	78,247	438,913	12,117
10	104,968	101,063	761,302	8,916	47,131	71,368	558,758	6,807
11	95,318	91,771	850,134	4,279	67,343	64,832	626,583	3,210

**Выводы.** Применительно к условиям Кировоградской области, в численных экспериментах с помощью расчетов по модели выполнена оценка влияния весенних заморозков, которые наблюдались в 3 декадах из 11 исследуемых, на накопление биомассы отдельных органов растения картофеля и формирования урожайности в целом. Таким образом, повреждение растений весенними заморозками приводит в ряде случаев к необратимым изменениям важнейших физиологических процессов, т.е. к нарушению процессов фотосинтеза и дыхания, а в последствии к снижению продуктивности растений.

### Список литературы

1. *Агроклиматический справочник* по Кировоградской обл. – К: Госсельхозиздат УРСР. 1959. – С.7-58.
2. *Картофель* /Под редакцией Н.С. Бацанова. – М.: Колос. 1970. – 376 с.
3. *Полевой А.Н.* Динамическая модель формирования урожая картофеля //Метеорология и гидрология. – 1978. – № 7. – С.79-85.
4. *Полевой А.Н.* Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 186 с.
5. *Росс Ю.К., Бихеле З.* Расчет фотосинтеза растительного покрова //Фотосинтез и продуктивность растительного покрова. – Тарту: Изд-во ИФА АН ЭССР, 1968. – С. 46-74.
6. *Руденко А.И.* Некоторые итоги и пути изучения климата культурных растений (картофель) //Труды Всесоюзного научно-метеорологического совещания. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
7. *Свидерская С.М.* Моделирование влияния заморозков на формирование урожая картофеля. // Метеорологія, кліматологія та гідрологія, 2003. -№47. –с.104-109.

### **Оцінка впливу весняних заморозків на формування урожаю картоплі.**

**Свидерська С.М.**

*Викладаються результати чисельних експериментів за оцінкою впливу весняних заморозків, які спостерігалися в 3 декадах з 11 досліджуваних на нагромадження біомаси окремих органів рослини картоплі й формування врожайності в цілому стосовно до умов Кіровоградської області.*

**Ключові слова:** заморозок, картопля, модель, моделювання, фотосинтез, біомаса, вегетація.

### **Estimation of spring frost influences on potato productivity.**

**Sviderskaya S.M.**

*The results of a numeral experiments with the estimation of late frosts influences, observed during 3 ten-day periods of 11 being under study, on the accumulation of potato plant individual organ biomass and productivity formation as a whole conformably to Kirovograd region conditions are stated.*

**Key words:** frosts, potato, model, modelling, photosynthesis, biomass, vegetation.