

УДК 633.31+631.67

О.Л. Жигайло, канд. геогр. наук

Одеський державний екологічний університет

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЮЦЕРНЫ НА БОГАРЕ И НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ОДЕЩИНЫ

С помощью математической модели «Продуктивность люцерны посевной» выполнены расчеты урожайности зеленой массы люцерны за период с 2001 по 2010 г.г. Сделана сравнительная оценка полученных результатов с многолетними наблюдениями 20 века. Проведена оптимизация оросительных норм на посевах люцерны в 2004 и 2007 г.г.

Ключевые слова: модель, погода, орошение, продуктивность, урожайность, люцерна посевная, Одесская область.

Постановка проблемы. Почвенно-климатические условия на территории Украины позволяют получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Однако неустойчивость погоды: смена влажных лет засушливыми, теплых зим – суровыми, приводят к значительной изменчивости урожая сельскохозяйственных культур.

В климатическом отношении территория Одесской области отличается весьма высокими ресурсами тепла. Теплообеспеченность увеличивается от лесостепных районов на севере до степных в центральной и южной части области. Однако параллельно с нарастанием ресурсов тепла в направлении с севера на юг отчетливо проявляется нарастание дефицита и неустойчивости атмосферного увлажнения, особенно в период вегетации растений, что в значительной степени лимитирует величину урожая. Поэтому интенсификация земледелия в этих районах области реальна лишь при условии широкомасштабного систематического орошения земель.

Основная цель исследований – оценить продуктивность люцерны посевной в агроклиматических условиях Одесской области и в условиях орошения. С учетом агроклиматических условий последнего десятилетия оптимизировать оросительные нормы под погодные условия конкретного года, что позволит экономно использовать водные ресурсы региона.

Материалы и методы исследований. Теоретической основой оценки продуктивности люцерны послужила математическая модель формирования продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях орошения [4,5].

Математическая модель описывает формирование продуктивности агрокультуры в багорных условиях и на орошении и представляет собой агроэкологическую систему, которая рассматривается в двух средах почва и атмосфера. Центральным объектом является культурное растение (пшеница, кукуруза, подсолнечник, сахарная свекла и т.д.). Система «почва – растение – атмосфера» является сложной и динамичной. Для описания разнообразных процессов радиационного и водно-теплового режимов, которые формируются в этой системе, их влияния на важнейшие процессы жизнедеятельности растений и их взаимосвязь, а также влияния режима орошения на урожайность используются уравнения [3].

Модель модифицирована для культуры люцерны и имеет прикладной характер; содержит пять блоков: исходной информации; радиационного и водно-теплового режимов растительного покрова; фотосинтеза; дыхания; блок роста.

Блок – схема модели представлена на рис. 1.

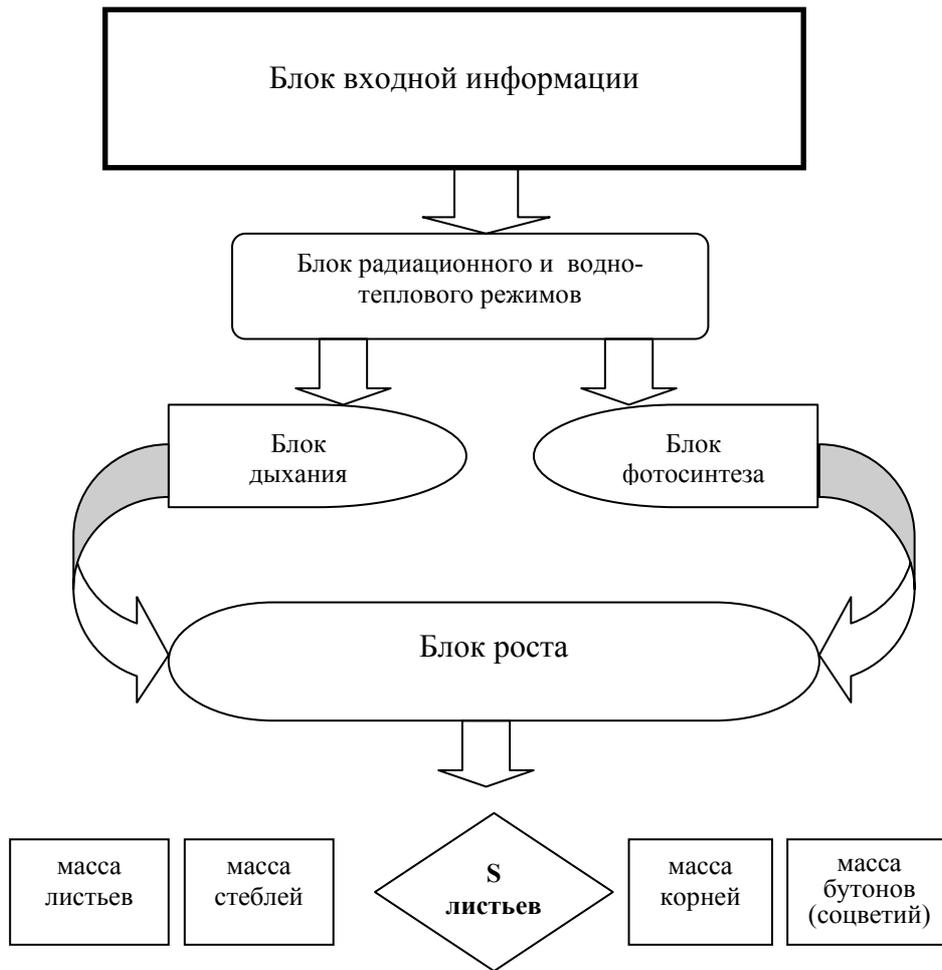


Рис. 1 – Блок-схема продуктивности люцерны посевной.

Для выполнения расчетов по модели используется информация трех видов:

- 1) **разовая**: географическая широта пункта; дата всходов (возобновления вегетации); дата наступления технической спелости (первого укоса); запасы влаги в метровом слое почвы на дату всходов (возобновления вегетации), мм; наименьшая влагоемкость метрового слоя почвы, мм; влажность завядания;
- 2) **эпизодическая**: поливная норма; вегетационный полив;
- 3) **ежедекадная**: средняя максимальная температура воздуха, °С; средняя декадная температура воздуха, °С; число часов солнечного сияния, ч; сумма осадков за декаду, мм; средний за декаду дефицит влажности воздуха, мб; глубина залегания грунтовых вод, м; число дней в расчетной декаде.

Интенсивность фотосинтетической активной радиации (ΦAP) в посеве рассчитывается по формуле

$$I^j = \frac{I_0^j}{1 + cL}, \quad (1)$$

где I_0 - интенсивность ΦAP на верхней границе посева, Вт m^2 ; c - показатель поглощения, безразмерная; L - относительная площадь листьев, m^2/m^2 ; j - номер расчетной декады.

Средняя за световое время суток температура воздуха T_d определяется по формуле по методу З.А.Мищенко:

$$T_d = a_1 + a_2 \bar{T}_{\max}, \quad (2)$$

где \bar{T}_{\max} - средняя максимальная за декаду температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

Изменения запасов влаги в почве (W) по декадам определяются по уровню водного баланса

$$W^{j+1} = W^j + \Theta^j + X^j + V_w^j - E^j - U_w^j, \quad (3)$$

где Θ – сумма осадков за декаду, мм; X – норма вегетационного полива, мм; V_w – расход грунтовых вод в зону аэрации, мм; E – суммарное испарение, мм;

U_w - инфильтрация атмосферных осадков, мм.

Суммарный фотосинтез посева на единицу площади посева за световое время суток рассчитывается по формуле

$$\Phi^j = \varepsilon \Phi_{\tau}^j L^j \tau_d^j, \quad (4)$$

где Φ^j - суммарный фотосинтез посева, $\text{г м}^{-2} \text{сут}^{-1}$; ε - коэффициент для перерасчета в единицы сухой массы, $\text{г мг}^{-1} \text{CO}_2$; Φ_{τ}^j - интенсивность фотосинтеза единицы площади листьев в реальных условиях среды, $\text{мгCO}_2 \text{дм}^{-2}$.

Затраты на дыхание подразделяются на дыхание, связанное с поддержанием структуры тканей и на дыхание, связанное с ростом:

$$R^j = \alpha_R^j (c_1 M^j \varphi_R^j + c_2 \Phi^j), \quad (5)$$

где R - интенсивность дыхания, $\text{г/м}^2 \text{сут}$; c_1 - коэффициент дыхания поддержания, $\text{г/г}^* \text{сут}$; c_2 - коэффициент, характеризующий затраты, связанные с ростом, безразмерный; α_R - онтогенетическая кривая дыхания, безразмерная; φ_R - температурная кривая дыхания, безразмерная.

Прирост сухой биомассы посева является разностью фотосинтеза и дыхания:

$$\frac{\Delta M^j}{\Delta t} = (\Phi^j - R^j), \quad (6)$$

где $\Delta M / \Delta t$ - прирост сухой биомассы посева, г/м^2 .

Динамика сухой биомассы отдельных вегетативных органов растений в течение вегетационного периода «возобновление вегетации – первый укос» описывается уравнением роста

$$m_i^{j+1} = m_i^j + \beta_i^j \frac{\Delta M}{\Delta t} n^j, \quad (7)$$

$$i \in l, s, r$$

где m_i - сухая биомасса i -го органа растений, г/м^2 ; β_i - ростовая функция вегетационного периода, характеризующая распределение «свежих» ассимилятов, безразмерная ($\beta_i \geq 0, \sum \beta_i = 0$): l – листья, s – стебли, r – корни.

Динамика площади ассимилирующей поверхности определялась по формуле

$$L^{j+1} = L^j + \left(\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \right) n^j, \quad \text{при } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} > 0, \quad (8)$$

где σ_l - удельная поверхностная площадь листьев, г/м².

Работа выполнена на данных наблюдений за продолжительностью солнечного сияния, температурой воздуха, осадками, дефицитом влажности воздуха, запасами влаги в почве, датами наступления основных фаз развития люцерны. Были использованы средние многолетние данные за последние тридцать лет прошлого столетия [1] и данные за 2001 ...2010 годы [2] основных метеорологических станций Одесской области: Любашевка, Затишье, Одесса, Раздельная, Измаил.

Анализ результатов исследований. В работе были проведены расчеты продуктивности люцерны посевной в Одесской области на богаре и в условиях орошения.

Для того чтобы получить продуктивность люцерны посевной на богаре в модели был заложен численный эксперимент по следующему сценарию:

- Погодные условия соответствуют среднемноголетнему режиму;
- Погодные условия 2007 года (характеризуется как *сухой*);
- Погодные условия 2004 года (характеризуется как *влажный*).

Урожайность люцерны определяется фотосинтезирующей поверхностью (площадью листьев), продолжительностью и интенсивностью ее работы. Продолжительность и интенсивность работы зависит от того, как будут складываться условия погоды в конкретном году.

Рассмотрим более подробно динамику площади листьев и надземной биомассы люцерны, сорт Зарница.

По *первому* сценарию (рис 1А) продолжительность вегетационного периода люцерны составила 67 дней. Погодные условия для первого укосного периода складывались следующим образом: средняя декадная температура – 12,0⁰С, сумма осадков – 87 мм. Сумма эффективных температур от возобновления вегетации до начала бутонизации составила 470⁰С.

Погодные условия, которые характерны в среднем для территории Одесской области позволяют развить фотосинтетический аппарат до начала бутонизации 3,9 м²/м², при этом общая надземная биомасса к началу первого укоса составила 306,6 г/м².

По *второму* сценарию (рис 1Б) продолжительность вегетационного периода составила 60 дней. Средняя температура воздуха за период возобновление вегетации – начало бутонизации – 9,8⁰С. В 2007 году за рассматриваемый период выпало 33 мм осадков (примерно 40 % от нормы). Сумма эффективных температур составила 300⁰С.

Погодные условия весны 2007 года позволили сформировать надземную биомассу 169 г/м² при относительной площади листьев 2,95 м²/м².

Оценка агрометеорологических условий формирования урожая зеленой массы люцерны в 2007 году, рассчитанная по формуле

$$C = \frac{Y}{\bar{Y}} 100, \quad (9)$$

где C – оценка агрометеорологических условий формирования урожая в течение рассматриваемого временного интервала, %; Y - рассчитанный урожай по

фактическим данным, г/м^2 ; \bar{Y} - урожай, рассчитанный по среднемуголетним данным, г/м^2 , показала

$$C = \frac{156.13}{306.59} \cdot 100 = 51\%,$$

что в сравнении со средним многолетним годом урожайность составила лишь 51 % от средней статистической продуктивности.

Таким образом, погодные условия для формирования урожая зеленой массы люцерны в 2007 году сложились неблагоприятно.

По *третьему* сценарию (рис 1В) продолжительность вегетационного периода составила 75 дней. Более растянутому периоду вегетации в 2004 году сопутствовали погодные условия. Температурный режим характеризовался средней декадной температурой $7,5^{\circ}\text{C}$. Количество выпавших осадков за тот же период по сравнению со средними многолетними, составили 182% (158 мм). Сумма эффективных температур от посева до технической спелости составила 463°C

Погода 2004 года в период возобновление вегетации – начало бутонизации позволила сформировать относительную площадь листьев люцерны до $5 \text{ м}^2/\text{м}^2$, при этом надземная биомасса к первому укосу достигала 419 г/м^2 .

Оценка агрометеорологических условий формирования урожая в 2004 году

$$C = \frac{419.22}{306.59} \cdot 100 = 137\%,$$

показала, что погодные условия 2004 года позволили получить урожай зеленой массы люцерны на 37 % больше, чем в годы характерные среднему многолетнему.

Анализируя полученные показатели продуктивности зеленой массы люцерны посевной, можно сделать выводы, что для получения максимально возможного урожая в Одесской области люцерну выгоднее выращивать на орошении.

Однако, водные ресурсы Одесской области весьма ограничены и орошение в настоящее время обходится земледельцам недешево. С целью экономного водопотребления орошение на полях необходимо проводить с учетом погодных условий конкретного года.

В богарных условиях средняя статистическая урожайность первого укоса зеленой массы люцерны составляет 180 ц/га, на орошении можно получить 300 ц/га.

С помощью модели был проведен численный эксперимент влияния режима орошения на урожайность зеленой массы люцерны в зависимости от сроков полива (табл. 1). Оросительная норма составила $1500 \text{ м}^3/\text{га}$, вегетационный полив – $500 \text{ м}^3/\text{га}$, количество поливов – 3 .

Сроки:

- А - контроль (без орошения);
- А1 – 2-я декада (стеблевание), 4 декада (перед началом бутонизации), 6 декада (бутонизация);
- А2 – 2-я декада (стеблевание), 4 декада (перед началом бутонизации), 5 декада (начало бутонизации);
- А3 – 1-я декада (отрастание), 2декада (стеблевание), 4 декада (перед началом бутонизации);
- А4 – 1-я декада (отрастание), 3декада (стеблевание), 5 декада (начало бутонизации).

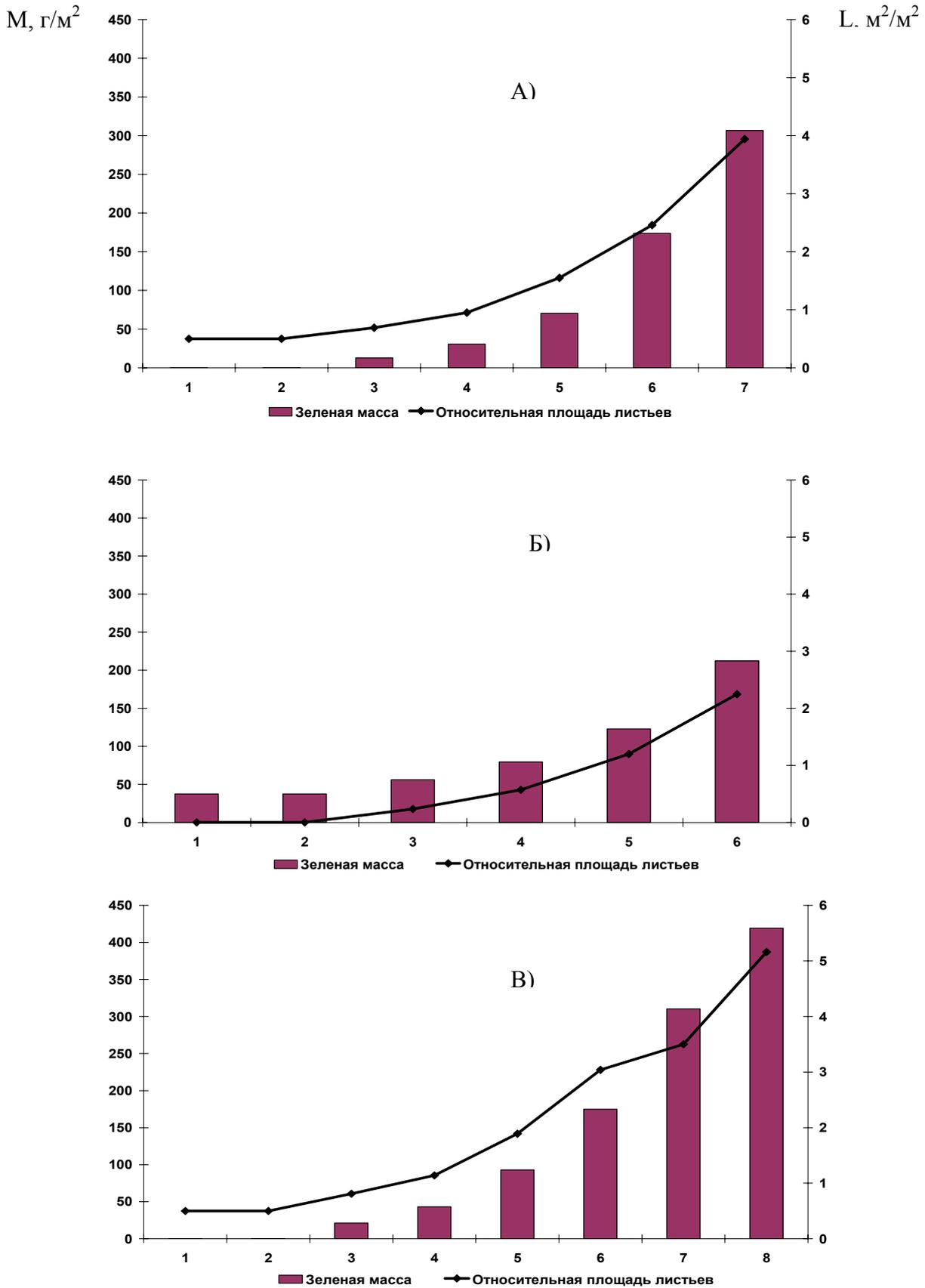


Рис. 2 – Динамика площади листьев и зеленой массы люцерны посевой: А – среднемноголетний год; Б – в сухой 2007 год; В – во влажный 2004 год. Сорт Зарница. Одесская область.

Таблица 1 – Зависимость урожая зеленой массы люцерны от нормы и сроков вегетационного полива. Сорт Зарница. Одесская область

Вариант	Сроки полива (декады)							Урожайность зеленой массы, ц/га
	1	2	3	4	5	6	7	
	Норма вегетационного полива, м ³ /га							
А	-	-	-	-	-	-	-	180
А1	-	500	-	500	-	500	-	290
А2	-	500	-	500	500	-	-	270
А3	500	500	-	500	-	-	-	300
А4	500	-	500	-	500	-	-	280

Оросительная норма – 1500 м³/га

Расчеты показали, что при оросительной норме 1500 м³/га и трех вегетационных поливах нормой – 500 м³/га, урожайность в сравнении с контролем (А – без орошения), увеличивается на 34...40%. Наибольший урожай – 300 ц/га (вариант А3) наблюдается, если вегетационные поливы проводить: в 1-ю декаду – отрастание; 2-ю декаду – стебление; 4-ю декаду – перед началом бутонизации.

С помощью модели были проведены численные эксперименты для оптимизации режима орошения в различные по условиям погоды годы (табл. 3.4). В сухой 2007 год, для получения максимального возможного урожая сорта Зарница режим орошения

Таблица 2 – Оптимизация режима орошения люцерны посевной по условиям погоды. Сорт Зарница. Одесская область.

Вариант погоды	Количество поливов	Ороситель- ная норма, м ³ /га	Сроки полива (декады)							Урожайность зеленой массы, ц/га
			1	2	3	4	5	6	7	
			Норма вегетационного полива, м ³ /га							
По средним многолетним	3	1500	500	500	-	500	-	-	300	
Сухой, 2007	3	1950	650	650	-	650	-	-	300	
Влажный, 2004	1	300	-	-	-	-	-	-	300	

должен быть следующим. Оросительную норму за вегетацию до первого укоса необходимо увеличить до 1950 м³/га, вегетационные поливы соответственно увеличить до 650 м³/га, сроки проведения поливов остаются без изменений. В таком случае урожайность зеленой массы люцерны первого укоса составит 300 ц/га.

Во влажный 2004 год, количество поливов сокращается до одного в период отрастания люцерны, т.к. по условиям увлажнения этот период был засушливым, оросительная норма и вегетационный полив для получения урожайности 300 ц/га составляет 300 м³/га.

Выводы. Выращивание люцерны посевной в Одесском регионе в богарных условиях, позволяет получать урожай зеленой массы первого укоса в среднем до 180 ц/га. В условиях орошения продуктивность культуры увеличивается на 40 %. Учет погодных условий конкретного года, позволяет рационально использовать оросительные воды области.

Список литературы

1. *Агрокліматичний довідник по Одеській області* / М-во надзвичайних ситуацій України; Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів; за ред. В.М. Ситова, Т.І. Адаменко. – Одеса: Астропринт, 2011. – 204 с.
2. *Агрометеорологічні бюлетені по Одеській області (2001–2010р.р.)*
3. *Жигайло О.Л.* Динамічна модель формування продуктивності та якості врожаю капусти білоголової в Причорномор'ї. – Деп. У ДНТБ України 27.03.95 № 639 – Ук 95. Ан. Бюл. ВІНІТІ 1995 №7 б/о 114. – 12с.
4. *Полевой А.Н.* Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов.- Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 320 с.
5. *Полевой А.Н., Хохленко Т.Н.* Моделирование формирования урожая сельскохозяйственных культур в условиях орошения черноземов придунайской провинции // Почвоведение. – 1995. - № 12. – С. 1518 –1524.

Агрометеорологічна оцінка продуктивності люцерни на богарі та зрошуваних землях Одещини

Жигайло О.Л

За допомогою математичної моделі «Продуктивність люцерни посівний» виконано розрахунки врожайності зеленої маси люцерни за період із 2001 по 2010 р.р. Зроблена порівняльна оцінка отриманих результатів із багаторічними спостереженнями ХХ століття. Проведено оптимізація зрошувальних норм на посівах люцерни в 2004 і 2007 р.р.

Ключеві слова: модель, погода, зрошення, продуктивність, урожайність, люцерна посівна, Одеська область.

Agrometeorological productivity assessment of non-irrigated and irrigated Lucerne in Odessa Province **Zhigailo E.**

The yield of Lucerne green mass for the period since 2001 to 2010 was calculated using the mathematical model "Productivity of Lucerne". The comparative assessment of obtained results and long-term observations in XX century was performed. The optimization of irrigation norms for Lucerne fields in 2004 and 2007 was fulfilling.

Keywords: model, weather, irrigation, productivity, yield, Lucerne, Odessa region.