

УДК 633.34

А. В. Толмачева, инженер 1 кат., соискатель,
кафедра агрометеорологии и агрометеорологических прогнозов,
Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, Одесса, 65016, Украина,
alla.tolmach@mail.ru

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПРИРОСТОВ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАТЕГОРИЙ УРОЖАЙНОСТИ СОИ

В данной работе была предложена модель оценки динамики приростов агроэкологических категорий урожайности сои и выполнена обобщенная характеристика агроклиматических условий возделывания и продуктивности сои в Лесостепной зоне Украины.

Ключевые слова: агроэкологические категории урожайности, соя, продуктивность, температура, влажно-температурный режим.

ВВЕДЕНИЕ

Зернобобовые культуры играют важную роль в сельскохозяйственном производстве. Они относятся к семейству бобовых и включают такие роды и виды растений, как горох, кормовые бобы, фасоль, соя, чина, нут и др. Для оценки динамики приростов урожайности остановимся подробнее на культуре сои. Учитывая высокую степень распространения посевов сои и важность этой культуры, выполнения оценки агроклиматических условий формирования агроэкологических категорий урожайности будет актуальным.

Соя – самая распространенная, зернобобовая и масличная культура нашей планеты. Она оказалась экологически пластичной культурой и благодаря проделанной во многих странах селекционной работе шагнула далеко за пределы первоначального распространения. Соя – теплолюбивое бобовое растение муссонного климата. Она относится к растениям короткого дня (начало вегетации при температуре не ниже + 10°C), формирует большую вегетативную массу, дает ценный урожай бобов. Если влага влияет на продуктивность культур, ограничивая при недостатке или избытке жизнедеятельность растений, то от теплового состояния среды зависит интенсивность всех биологических процессов в растительном организме, которые в итоге определяют его урожайность [2, 6].

В Украине соя наиболее распространена в Лесостепной и Степной зоне, однако в последние годы сою стали выращивать и в зоне Полесья. Средняя урожайность сои колеблется от 15,9 ц/га до 23,7 ц/га. При этом соя при выращивании по технологии с использованием биологических препаратов дает урожайность на треть большую, в среднем – 26,4 ц/га в целом по Украине и 34,6 ц/га при орошении на юге Украины и более [1; 2].

Цель данной работы – разработать модель и дать оценку влияния агроклиматических условий на формирования урожайности сои и моделирование этого влияния.

Объект исследования. Посевы сои в Украине.

Предмет исследования. Закономерности влияния агроклиматических условий на формирование агроэкологических уровней урожайности сои.

В настоящее время в работах [1; 2; 7; 8] представлены некоторые результаты научных исследований по влиянию погодных условий, сроков сева, густоты стояния, развитие, урожайность и масличность данной культуры, однако представляет научный и практический интерес дальнейшее развитие новых методов и оценок по выращиванию сои в нашей стране.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При выполнении исследования были использованы материалы многолетних фенологических наблюдений за соей сети гидрометеорологических и агрометеорологических станций Украины.

В качестве теоретической основы исследования была использована базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур А. Н. Полевого [3], основанная на концепции Х. Г. Тооминга [5] о максимальной продуктивности посевов. Параметры этой модели определены нами применительно к культуре сое.

С помощью этой модели нами для каждой области Украины на основе среднесуточных метеорологических и агрометеорологических данных, а также с использованием информации о внесении органических и минеральных удобрений, было выполнено моделирование формирования различных агроэкологических уровней урожайности сои в Украине.

Предложенная модель имеет блочную структуру и содержит шесть блоков: блок входной информации; блок показателей солнечной радиации и влаготемпературного режима с учетом экспозиции поля; блок функций влияния фазы развития и метеорологических факторов на продукционный процесс растений; блок плодородия почвы и обеспеченности растений минеральным питанием; блок агроэкологических категорий урожайности; блок обобщающих оценочных характеристик. Рассмотрим более подробно блок агроэкологических категорий урожайности.

Приращение потенциальной урожайности за декаду определялось в зависимости от интенсивности ФАР и биологических особенностей культуры с учетом изменения способностей растений к фотосинтезу в течение вегетации:

$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_\phi^j \frac{\eta \cdot Q_{\text{фар}}^j \cdot d v^j}{q} \quad (1)$$

где $\frac{\Delta ПУ}{\Delta t}$ – прирост потенциальной урожайности за декаду, г/м²;

α_{ϕ} – онтогенетическая кривая фотосинтеза, отн.ед;
 η – КПД посевов, отн. ед;
 $Q_{\text{фар}}$ – интенсивность ФАР, кал/см²;
 q – калорийность.

Прирост метеорологически-возможной урожайности (МВУ) представляет собой прирост потенциальной урожайности (ПУ), который будет ограничен влиянием влажно-температурного режима:

$$\frac{\Delta MBV^j}{\Delta t} = \frac{\Delta PV^j}{\Delta t} \cdot FTW^j \quad (2)$$

где $\frac{\Delta MBV}{\Delta t}$ – прирост метеорологически возможной урожайности;

FTW – обобщенная функция влияния влажно-температурного режима.

Формирование действительно возможной урожайности ограничивается уровнем естественного плодородия почвы:

$$\frac{\Delta DBV^j}{\Delta t} = \frac{\Delta MBV^j}{\Delta t} \cdot B_{nl} \quad (3)$$

где $\frac{\Delta DBV}{\Delta t}$ – прирост действительно возможной урожайности, г/м²;

B_{nl} – балл почвенного бонитета, отн.ед.

Получение уровня хозяйственной урожайности ограничивается реально существующим уровнем культуры земледелия и эффективностью внесенных минеральных и органических удобрений:

$$\frac{\Delta UP^j}{\Delta t} = \frac{\Delta DBV^j}{\Delta t} \cdot k_{\text{земл}} \cdot FW_{ef}^j \quad (4)$$

где $\frac{\Delta UP}{\Delta t}$ – прирост урожайности в производстве, г/м²;

$k_{\text{земл}}$ – коэффициент, который характеризует уровень культуры земледелия и хозяйственной деятельности, отн.ед;

FW_{ef} – обобщенная функция эффективности внесения органических и минеральных удобрений в зависимости от условий влагообеспеченности декад вегетации, отн. ед.

Наконец, вычислим различные агроэкологические категории урожая зерна при его стандартной 14%-ной влажности:

$$PU_{\text{зерна}} = PV \cdot K_{\text{хоз}} \cdot 1,14 \cdot 0,1, \quad (5)$$

где $PU_{\text{зерна}}$ – потенциальный урожай зерна (при стандартной влажности зерна 14 %), ц/га;

$K_{\text{хоз}}$ – доля зерна в общей массе урожая, отн. ед.

Аналогично определяются соответственно метеорологически возможный МВУзерна, действительно возможный ДВУзерна и урожай в производстве УПРзерна (4). Анализ разнообразных агроэкологических категорий урожай-

ности (ПУ, МВУ, ДВУ, УП), а также их соотношений и отличий позволяет судить о природных и антропогенных ресурсах сельского хозяйства, а также об эффективности хозяйственного использования этих ресурсов.

Рассмотрим обобщенные характеристики агроклиматических условий возделывания:

1. Степень благоприятствия метеорологических условий возделывания культуры характеризует соотношение МВУ и ПУ:

$$K_m = \text{МВУ} / \text{ПУ}, \quad (6)$$

где K_m – коэффициент благоприятствия метеорологических условий, отн. ед.

2. Соотношение УПР и МВУ устанавливает эффективность использования агроклиматических ресурсов. Если это соотношение рассчитано по средним многолетним данным, то оно отражает эффективность использования агроклиматических ресурсов

$$K_{ap} = \text{УПР} / \text{МВУ}, \quad (7)$$

где K_{ap} – коэффициент эффективности использования агроклиматических ресурсов, отн. ед.

Определим величины различных агроэкологических категорий урожайности, с учетом внесенных нами модификаций, с привлечением более полной информации и наполнения этих категорий новым содержанием.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим рассчитанные значения динамики приростов потенциального урожая (ПУ) сои и ход декадных сумм фотосинтетически активной радиации (ФАР) за вегетационный период в Лесостепной зоне Украины (рис. 1).

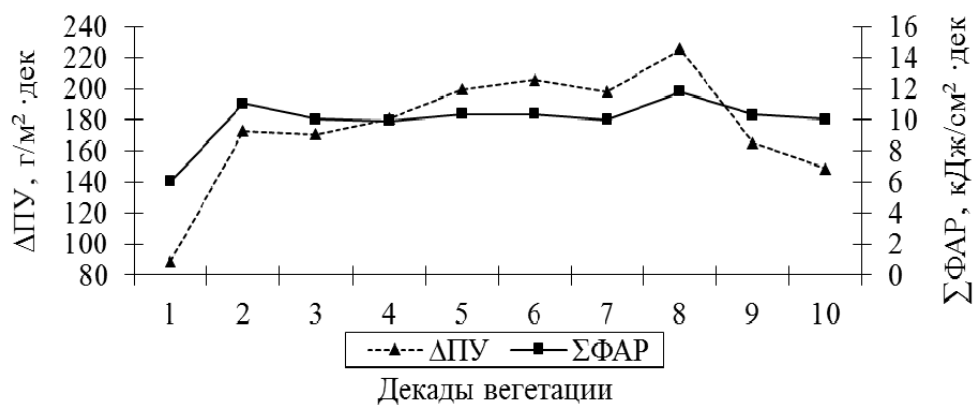


Рис. 1. Динамика декадных сумм ФАР (Σ ФАР) и приростов ПУ сои в Лесостепной зоне Украины.

Из рис. 1 видно, что в первую декаду вегетации сумма ФАР составляет 6 кДж/см²·дек, а во второй декаде отмечен резкий скачек значений до 11,1 кДж/см²·дек. После этого идет плавное снижение сумм ФАР до 9,9 кДж/см²·дек. В последующие периоды вегетации сои идет плавное возрастание сумм ФАР до 11,8 кДж/см²·дек. Это значение является максимальным для всего периода вегетации. К концу вегетационного периода кривая хода сумм ФАР опускается до значений 10 кДж/см²·дек.

Для динамики приростов потенциального урожая (ПУ) (рис. 1) характерно, что приросты начинаются с отметки 89 г/м²·дек. В следующей декаде отмечается резкий скачек, где уровень ΔПУ составляет 172 г/м²·дек. С этого момента наблюдается плавное повышение прироста ПУ до 205,8 г/м²·дек. После этого наблюдается небольшое снижение ΔПУ, но в последующей декаде этот показатель резко возрастает и достигает максимума до 225,7 г/м²·дек. К концу вегетационного периода, что приходит на фазу полной спелости, уровень прироста ПУ снижается до 148 г/м²·дек.

Рассмотрим динамику показателей водно-теплового режима посевов сои в течении вегетации в Лесостепной зоне Украины (рис. 2).

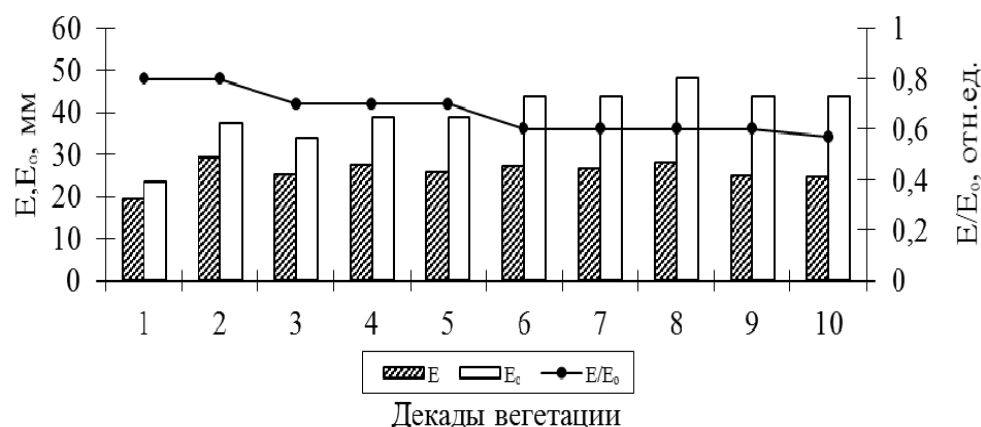


Рис. 2. Декадный ход характеристики водно-теплового режима посевов сои в Лесостепной зоне Украины.

Суммарное испарение в посевах сои (Е) имеет хорошо выраженную динамику. В начале вегетации суммарное испарение за декаду составляет 19,4 мм, затем по мере роста температуры воздуха и выпадением количества осадков суммарное испарение может возрастать или убывать. Максимальные значения Е наблюдается во второй декаде и составляет 29,2 мм, минимальное значение наблюдается в конце вегетации и составляет 14,1 мм.

Испаряемость (Е₀) в начальный период вегетации сои составляет 23,4 мм. Далее во второй декаде происходит повышение испаряемости до 37,5 мм. За-

тем небольшое понижение показателей с последующим повышением с чередованием понижения показателей испаряемости. Максимальное значения испаряемость достигает в восьмой декаде и составляет 48,3 мм. В конце вегетации испаряемость уменьшается до 43,9 мм.

Отношение суммарного испарения к испаряемости (E/E_0) характеризует влагообеспеченность посевов. Анализ динамики отношения E/E_0 (рис. 2) показывает, что в начале вегетации сои оно находится на отметке 0,83 отн.ед., постепенно снижаясь достигает наиболее низких значений за весь период и составляет 0,6 отн.ед. к концу вегетации.

Такой влажно-температурный режим обеспечил и соответствующий уровень хода приростов метеорологически – возможной урожайности (МВУ). Рассмотрим декадный ход приростов МВУ сои в течении вегетации (рис. 3).

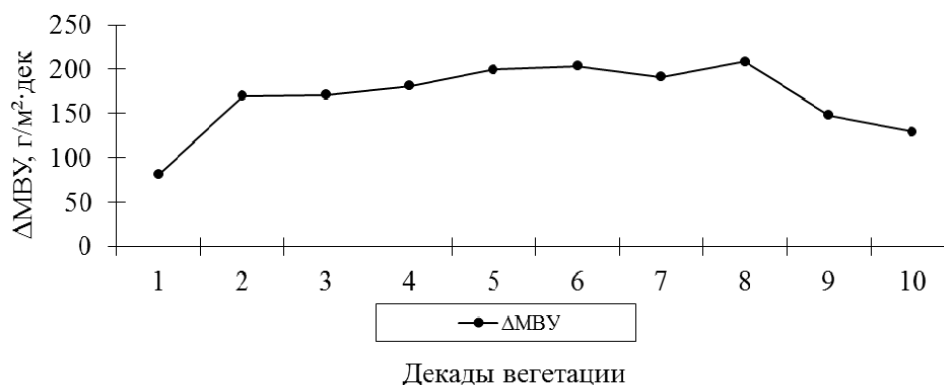


Рис. 3. Декадный ход приростов метеорологически – возможного урожая (МВУ) сои в Лесостепной зоне Украины.

Кривая хода прироста МВУ в начальный период составляет 80,7 г/м²·дек. Далее кривая хода в следующей декаде поднимается до 169,5 г/м²·дек. В последующие периоды наблюдается ее плавный рост до 203,6 г/м²·дек. После этого идет небольшой спад, затем снова наблюдается увеличение хода приростов. Максимум наблюдается в восьмой декаде и составляет 208,9 г/м²·дек. Затем приросты МВУ плавно снижаются и в конце вегетации составляют 128,8 г/м²·дек.

Ход динамики приростов действительно-возможного урожая (ДВУ) представлен на рис. 4.

Анализ результатов показал, что для хода прироста действительно-возможного урожая (ДВУ) характерно, что начинается с отметки 49,0 г/м²·дек, затем наблюдается плавное повышение до шестой декады и составляет 123,8 г/м²·дек. Затем незначительно снижается до 116,2 г/м²·дек, после чего ДВУ начинает расти, достигая максимума в восьмой декаде и составляет 126,9 г/м²·дек, к концу вегетационного периода приросты ДВУ снижаются до 78,3 г/м²·дек.

Приросты урожайности на уровне УП начинаются с отметки $16,8 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$, после чего резко возрастают во второй декаде и составляют $35,2 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$. Затем плавно поднимаются, то снижаются достигая максимума в восьмой декаде до $43,4 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$. В конце вегетационного периода УП резко снижается до отметки $26,8 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$.

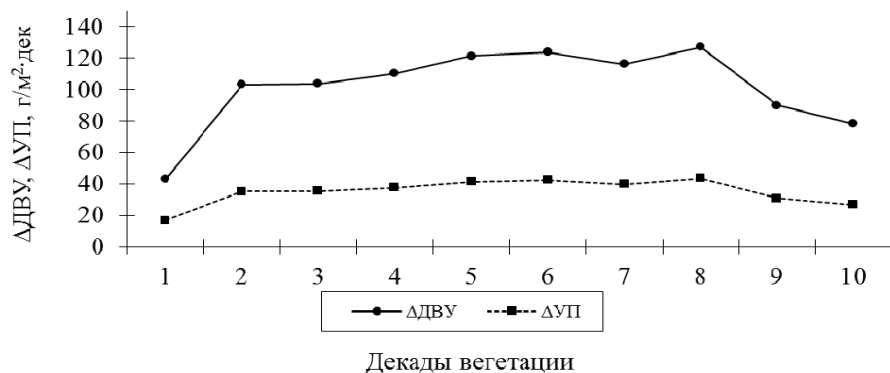


Рис. 4. Декадный ход приростов действительно – возможного урожая (ДВУ) и урожая в производстве (УП) сои в Лесостепной зоне Украины.

На основании выполненных расчетов нами была сделана оценка обобщенных характеристик агроклиматических условий возделывания и продуктивности сои в Лесостепной зоне Украины, рассчитанные значения представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что продолжительность вегетационного периода в Полесье составляет 91 дней, сумма эффективных температур выше $10 \text{ }^\circ\text{C}$ за вегетационный период – $723 \text{ }^\circ\text{C}$, в Лесостепи продолжительность вегетационного периода составляет 98 дней, сумма эффективных температур выше $10 \text{ }^\circ\text{C}$ за вегетационный период – $789 \text{ }^\circ\text{C}$, в Северной Степи и Южной Степи продолжительность вегетационного периода составляют 98 дней, 94 дней соответственно, а сумма эффективных температур выше $10 \text{ }^\circ\text{C}$ в этих зонах составляет $930 \text{ }^\circ\text{C}$, $1057 \text{ }^\circ\text{C}$ соответственно. Наименьшие значения суммы ФАР за вегетационный период возделывания сои наблюдаются в зоне Полесья и составляют 92 кДж/см^2 , а наибольшие значения суммы ФАР в районах Южной Степи – 111 кДж/см^2 .

Также важным фактором в жизни растений является и влага. Наименьшее количество осадков наблюдается в районах Южной Степи – 169 мм , наибольшее в районах Полесья – 270 мм . Соответственно, что и потребность растений во влаге будет в районах Южной Степи (503 мм), где наблюдаются наименьшее количество выпавших осадков. Для районов Полесья, Лесостепи и Северной Степи потребность растений во влаге составило 407 мм , 434 мм , 484 мм соответственно.

Таблиця 1.

**Обобщенные характеристики агроклиматических условий
возделывания и продуктивности сои в Украине**

№ п/п	Обобщенные показатели за период вегетации	Районы возделывания			
		Полесье	Лесостепь	Северная Степь	Южная Степь
1	Сумма эффективных температур выше 10°	723	789	930	1057
2	Сумма ФАР, кДж/см ²	92	99	109	111
3	Продолжительность вегетационно- го периода, дни	91	98	98	94
4	Сумма осадков, мм	270	259	204	169
5	Потребность растений во влаге, мм	407	434	484	503
6	Коэффициент благоприятствия метеорологических условий (Км), отн.ед.	0,977	0,957	0,858	0,719
7	Коэффициент эффективности ис- пользования агроклиматических ресурсов (Какл), отн.ед.	0,204	0,208	0,197	0,205
8	ПУ зерна, ц/га	76	80	83	86
9	МВУ зерна, ц/га	74	76	71	62
10	ДВУ зерна, ц/га	44	47	43	40
11	ПУ зерна, ц/га	15	16	13	12

Рассчитанные значения позволили оценить распределения различных агроэкологических категорий урожая зерна при его стандартной 14%-ной влажности (табл. 1). Максимальные значения ПУ зерна наблюдаются в районах Южной Степи и составляют 86 ц/га, что объясняется большей интенсивностью ФАР в этих районах. Наибольшие значения МВУ зерна, ДВУ зерна, УП зерна наблюдаются в районах Лесостепи и составляют 76 ц/га, 47 ц/га, 16 ц/га соответственно. Для районов Южной Степи характерны наименьшие значения МВУ зерна – 62 ц/га, ДВУ зерна – 40 ц/га, УП зерна – 12 ц/га.

Степень благоприятствия метеорологических условий (Км) для возделывания сои из табл. 1 показал, что наибольшее значение (0,977 отн.ед.) наблюдается в Полесье, наименьшее значение (0,719 отн.ед.) наблюдается в Южной Степи. А оценка уровня эффективности использования агроклиматических ресурсов (Какл) для возделывания сои показал, что наиболее высокое значение (0,208 отн.ед.) наблюдается в Лесостепи, наиболее низкое значение (0,197 отн.ед.) наблюдается в Северной Степи.

ВЫВОДЫ

Таким образом, при помощи выполненного моделирования нами дана оценка влияния агроклиматических условий на динамику приростов агроэкологических уровней урожайности культуры сои и выполнена оценка агроэкологических категорий урожайности зерна, а также оценена степень благоприятствия агроклиматических условий для возделывания сои в районах Лесостепи Украины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабич А. О., Бабич-Побережна А. О.* Стратегічна роль сої у розв'язанні глобальної проблеми [Текст] / А. О. Бабич, А. О. Бабич-Побережна // Корми і виробництво. – 2011. – Вип. 69. – с.11-19.
2. *Баранов В. Ф.* Соя – биология и технология возделывания [Текст] / В. Ф. Баранов, В. М. Лукомец. – Краснодар: ВНИИМК, 2005. – 435 с.
3. *Полевой А. Н.* Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур [Текст] / А. Н. Полевой // Метеорология, климатология и гидрология. – 2004. – Вип. 48. – С. 195 – 205 с.
4. *Польовий А. М.* Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем [Текст] : навчальний посібник / А. М. Польовий. – К.: КНТ, 2007. – 348 с.; Бібліогр.: 338-340. – 1000 прим. – ISBN 978-966-373-279-4.
5. *Тооминг Х. Г.* Экологические принципы максимальной продуктивности посевов [Текст] / Х. Г. Тооминг. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1984. – 264 с.
6. *Кошкин Е. И.* Частная физиология полевых культур [Текст] : учебники и учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Е. И. Кошкин – Москва: КолосС, 2005. – с. 126-176.; Библиогр.: 335 с. – ISBN 5-9532-0164-8.
7. *Dencescu S.* Cultura soia / S. Dencescu, E. Micles, A. Butica. Illinois, 1982. – 227 p.
8. *Scott W.O.* Modern soybean production / W.O. Scott, S.R. Aldrich/ – S&A Publications, Illinois, 1983. – 230 p.

REFERENS

1. Babich, A.O., Babich-Pobrezhna, A.O. (2011), “Strategichna role in soi rozv'yazanni globalnoi problemi” [“Strategichna rol soi u rozv'yazanni globalnoi problemi”], Kormi i virobnitstvo, No. 69, 19 p.
2. Baranov, V.F., Lukomets, V.M. (2005), “Soybean. Biology and cultivation technology [“Soya – biologiya i tekhnologiya vzdelyvaniya”], VNIIMK, Krasnodar, 435 p.
3. Polevoy, A.N. (2004), “The base model estimates agroclimatic resources formation of crop productivity” [“Bazovaya model otsenki agroklimaticheskikh resursov formirovaniya produktivnosti selskokhozyaystvennykh kultur”], Meteorology, climatology and hydrology, No. 48, pp. 195-205.
4. Polevoy, A.N. (2007), “Design of the hydrometeorological mode and productivity of agroekosistem” [“Modelyuvannya gidrometeorologichnogo rezhimu ta produktivnosti agroekosistem”], KNT, Kiiv, 348 p.
5. Tooming, Kh.G. (1984), “Ecological principles of maximum efficiency of crops” [“Ekologicheskie printsipy maksimalnoy produktivnosti posevov”], Gidrometeoizdat, Leningrad, 264 p.
6. Koshkin, Ye.I. (2005), “Private physiology field crops” [“Chastnaya fiziologiya polevykh kultur”], Ear, Moscow, 126 p.
7. Dencescu, S., Micles, E., Butica A. (1982), “Cultura soia”, Illinois, 227 p.
8. Scott, W.O., Aldrich, S.R. (1983), “Modern soybean production”, S&A Publications, Illinois, 230 p.

Надійшла 29.06.2014

А.В. Толмачова, інженер 1 кат., здобувач
кафедра агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів,
Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, Одеса, 65016, Україна,
alla.tolmach@mail.ru

ОЦІНКА ДИНАМІКИ ПРИРОСТІВ АГРОЕКОЛОГІЧНИХ КАТЕГОРІЙ ВРОЖАЙНОСТІ СОЇ

Резюме

У даній роботі була запропонована модель оцінки динаміки приростів агро-екологічних категорій врожайності сої і виконана узагальнена характеристика агрокліматичних умов вирощування та продуктивності сої в Лісостеповій зоні України.

Ключові слова: агроекологічні категорії врожайності, соя, продуктивність, температура, волого-температурний режим.

A.V. Tolmachova, engineer of the 1st category, Ph.D. applicant,
Department of Agro-meteorology and Agro-meteorological Prognostications,
Odessa State Environmental University,
15, Lvivska Str., Odessa, 65016, Ukraine
alla.tolmach@mail.ru

ASSESSMENT THE GROWTH DYNAMICS OF SOYBEAN YIELD AGRO-ENVIRONMENTAL CATEGORIES

Abstract

In this paper a model of assessment the growth dynamics of soybean yield agro-ecological categories was proposed and a generalized characteristic of agro-climatic conditions of soya cultivation productivity in the forest-steppe zone of the Ukraine was performed.

Purpose. Soybean is the most common, legume and oilseed crop of our planet. This thermophiles leguminous plant is the short-day plant of the monsoon climate.

Subject of the study. Regularities of the agro-climatic conditions influence on the formation of agro-ecological levels of soybean yield.

Purpose of the work is to develop a model and assess the impact of agro-climatic conditions on the soybean yield formation and modeling this influence.

Methodology. The theoretical basis of the study was to use the basic model of the assessment of agro-climatic resources of crops productivity formation by A.N. Polevoy, based on H.G. Tooming concept about the maximum crop productivity. The model is based on the concepts of four levels of agro-ecological yield categories: potential yield (PY), meteorologically possible yield (MPY), actually possible yield (APY) and yield in the production (YP). Also we will consider the generalized characteristics of cultivation agro-climatic conditions: degree of favoring meteorological conditions of crop cultivation and efficiency of agro-climatic resources use.