

CMIP5. Аналіз просторово-часового розподілу посух здійснений за допомогою індексу SPI. Згідно кліматичним сценаріям RCP2.6 і RCP8.5 максимальне зростання приземної температури повітря може досягти +2,1°C та +3,1°C відповідно. Опади будуть зростати за обома сценаріями. Частота слабких і помірних посух в середньому складе 10-14 випадків по всіх регіонах. Сильні і екстремальні посухи очікуються в 1-4 роках, але не повсюдно. Найбільш сильна посуха прогнозується в 2042-2045 рр.

*Ключові слова:* посуха, зміни клімату, кліматичний сценарій, індекс посухи.

**Semenova I. G. The spatial and temporal distribution of droughts in Ukraine under the future climate changes.** The paper considers the temperature and moisture conditions in Ukraine using climate modelling data of CMIP5 in the future period 2020-2050. Analysis of spatial and temporal drought distribution was held using the drought index SPI. According to climate scenarios the RCP2.6 and RCP8.5 maximum increasing of surface air temperature can be up to +2.1°C and +3.1°C respectively. Precipitation will be increasing in both scenarios. The frequency of weak and moderate droughts averaged to 10-14 cases over all regions. Severe and extreme droughts are expected in 1 to 4 years, but not everywhere. The most severe drought is projected in 2042-2045.

*Keywords:* drought, climate changes, climate scenario, drought index.

**Семёнова И. Г. Пространственно-временное распределение засух в Украине в условиях будущего изменения климата.** В статье рассмотрены температурно-влажностные условия в Украине в будущем за 2020-2050 годы с использованием данных климатического моделирования CMIP5. Анализ пространственно-временного распределения засух осуществлен с помощью индекса SPI. В соответствии с климатическими сценариями RCP2.6 и RCP8.5 максимальный рост приземной температуры воздуха может достигнуть +2.1°C и +3.1°C соответственно. Осадки будут возрастать по обоим сценариям. Частота слабых и умеренных засух в среднем составит 10-14 случаев по всем регионам. Сильные и экстремальные засухи ожидаются в 1-4 годах, но не повсеместно. Наиболее сильная засуха прогнозируется в 2042-2045 гг.

*Ключевые слова:* засуха, изменения климата, климатический сценарий, индекс засухи.

**Надійшла до редколегії 04.03.2015**

УДК: 551.582.584:633

**Круківська А. В.**

*Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка*

### **ДИНАМІКА УМОВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СОНЯШНИКУ В ПІВДЕННОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ**

*Ключові слова:* агрокліматичні умови, соняшник, коефіцієнт вологозабезпечення, тренд

**Актуальність теми.** Україна посідає одне з провідних місць у світі за виробництвом товарного насіння соняшнику й експортом продуктів його переробки. Впродовж останніх років у структурі посівних площ олійних культур в країні простежується збільшення частки сої та ріпаку, однак, соняшник залишається найрентабельнішою культурою. Врожайність соняшнику в Україні в середньому становить 15,0–18,4 ц/га, найвища вона в тих господарствах, які вирощують культуру за прогресивною технологією, – до 30 ц/га, а в умовах зрошення – до 38–40 ц/га. Водночас, біологічний потенціал цієї культури дозволяє отримувати ще більші врожаї. Поширені переважно середньостиглі і середньопізні сорти соняшнику, які дають високий вихід харчової олії і білка. Загальна площа посівів соняшнику в Україні – 4,3–4,8 млн. га. По території країни посівні площі

культури розподілені нерівномірно: понад 82 % зосереджено у степовій зоні і близько 18 % – в лісостеповій (центральної і південно-східній Лісостеп).

В останні десятиріччя агрометеорологічні умови у період вегетації сільськогосподарських культур в Україні характеризуються значною нестійкістю, що зумовлює суттєві втрати врожайності і валового збору продукції рослинництва. У зв'язку з цим, обґрунтування адаптивних стратегій вирощування соняшнику в Україні з урахуванням тенденцій зміни складових агрокліматичних ресурсів є важливим і актуальним завданням.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Фундаментальні дослідження біологічних властивостей культури соняшнику вперше були проведені академіком В. С. Пустовойтом [11]. Вивченню впливу агрометеорологічних чинників на формування урожаю соняшнику присвячені роботи П. Ю. Міуського (динаміка теплотреби культури протягом вегетації; стійкість до заморозків; вплив вологозабезпечення на урожайність), А. В. Мурги (оптимальні для росту і розвитку значення температури повітря у природних зонах України), Ю. С. Мельника (біологічна потреба в теплі різних за швидкостиглістю сортів; тривалість міжфазних періодів розвитку; вплив умов атмосферного зволоження на урожайність; комплексна оцінка формування урожайності з урахуванням агрометеорологічних, ґрунтових і агротехнічних чинників), В. А. Смирнової (оцінка просторового розподілу агрокліматичних ресурсів вирощування соняшнику), В. П. Дмитренка, Н. К. Строкач, Л. П. Однолюток (комплексна оцінка впливу агрометеорологічних чинників на урожайність соняшнику на основі моделі «погода–урожай» УкрНДГМІ у розрізі природних зон України), Ю. Ю. Жданович (вплив агрометеорологічних чинників на тривалість міжфазних періодів соняшнику); З. А. Міщенко, Н. В. Кирнасівської (регіональна оцінка і агрокліматичне районування соняшнику на території України). Таким чином, на сьогодні детально вивчено загальні закономірності впливу агрометеорологічних чинників на урожайність культури за неоднорідних фізико-географічних умов і агротехніки. Актуальним завданням є визначення тенденцій багаторічної зміни агрокліматичних ресурсів, вплив яких складно регулювати і які можуть лімітувати збільшення урожайності попри покращення агротехнологій.

Згідно з результатами досліджень Ю. С. Мельника [5], З. А. Міщенко, Н. В. Кирнасівської [7, 8] та інших вчених, у степовій зоні України умови світло- і теплозабезпечення є сприятливими у різні періоди вегетаційного циклу соняшнику.

Динаміка умов вологозабезпечення у межах досліджуваної території впродовж вегетації має складніший характер; ступінь задоволення потреби соняшнику у волозі істотно коливається у сезонному та міжрічному ході [3, 4, 8].

У цілому, соняшник вибагливий до умов зволоження, хоча і вважається посухостійкою культурою. Ця властивість визначається добре розвиненою кореневою системою, яка глибоко проникає у ґрунт (до 3,5 м), і здатністю рослин витримувати значне зневоднення тканин. Соняшник споживає велику кількість вологи на одиницю сухої речовини, його транспіраційний коефіцієнт значно вищий, ніж у багатьох інших культур і дорівнює 450–570 [2, 4, 11]. Загальна витрата ґрунтової вологи за період вегетації з 1 га посіву – 3900–5800 т, з них безпосередньо на формування врожаю витрачається 1900–2400 т [2, 4]. Найбільше вологи (до 60 %) соняшник споживає у фазі розвитку від початку утворення суцвіття (кошика) до масового цвітіння. Цей період вважається критичним за умовами вологозабезпечення – при нестачі вологи кошики і насіння соняшнику залишаються недорозвиненими, олійність насіння суттєво зменшується [2, 4, 5, 11].

За висновками багатьох дослідників, потребу у волозі, зокрема у період максимального водоспоживання, соняшник задовольняє переважно за рахунок запасів продуктивної вологи у шарах ґрунту до 150 см, які формуються осінньо-зимовими і частково весняними опадами [2, 4, 5]. Тобто, у продукційному процесі соняшнику важливу роль відіграють умови зволоження впродовж тривалого передпосівного періоду. В роки з достатнім атмосферним зволоженням вологопотреба культури забезпечується опадами. При цьому, сприятливі умови характеризуються кількістю опадів понад 320 мм за період активної вегетації [2, 11].

Отже, вологозабезпечення є одним із визначальних агрометеорологічних чинників урожайності соняшнику, а в умовах Південного Степу України, який належить до посушливої зони, – основним лімітуючим чинником.

**Метою дослідження** є оцінка мінливості умов вологозабезпечення соняшнику в багаторічному розрізі в Південному Степу України.

**Матеріали та методика дослідження.** В основу роботи покладено статистичні методи дослідження. За даними спостережень 8 гідрометеорологічних станцій, розташованих в Одеській області, за період 1951–2013 рр. визначено особливості міжрічної мінливості умов вологозабезпечення соняшнику під час вегетації. У якості показника вологозабезпечення використано коефіцієнт Ю. С. Мельника [5]:

$$k = \frac{0,6 \sum x_1 + \sum x_2}{\sum t / 10} \quad (1)$$

де 0,6 – параметр, який характеризує ступінь накопичення у ґрунті зимових опадів;  $\sum x_1$  – кількість опадів за передпосівний осінньо-зимовий період (від дати стійкого переходу середньої добової температури повітря через 5°C восени до дати її переходу через 10 °C навесні наступного року) (мм);  $\sum x_2$  – кількість опадів за період активної вегетації (від дати стійкого переходу середньої добової температури повітря через 10 °C навесні до дати досягання соняшнику) (мм);  $\sum t$  – сума середньої добової температури повітря за період активної вегетації (°C).

**Виклад основного матеріалу.** Залежність урожайності насіння соняшнику (Y) від коефіцієнту вологозабезпечення (k) за високого рівня агротехніки відображено на рис. 1. Ця залежність виражається рівнянням [5]:

$$Y = 23,44 (k - 0,46)^{0,8} \quad (2)$$

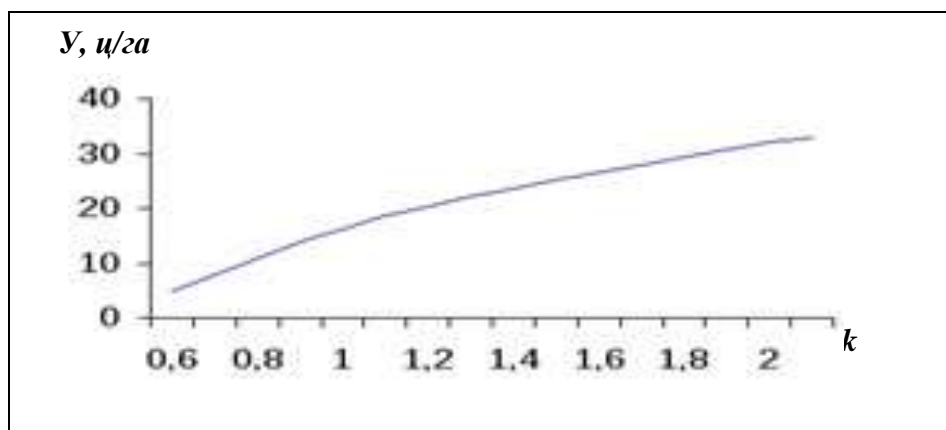


Рис. 1 – Залежність урожайності соняшнику (Y) від коефіцієнту вологозабезпечення (k) (за Ю. С. Мельником)

Таким чином, високому рівню урожайності відповідають значення  $k > 2,0$ ; урожайність нижче фактичної середньої багаторічної відзначається при  $k < 1,0$ .

За досліджуваний період середній багаторічний коефіцієнт вологозабезпечення соняшнику в Одеській області дорівнював 1,4, середнє квадратичне відхилення – 0,28, коефіцієнт варіації – 20 %, максимальне значення – 2,1, мінімальне – 0,9.

Як видно за даними табл. 1, найбільшу повторюваність (25 %) мають значення коефіцієнту вологозабезпечення в діапазоні 1,3–1,4 (потенційна урожайність 20–22 ц/га), близьку до неї (24 %) – у діапазоні 1,5–1,6 (24–26 ц/га). Значення  $k \leq 1,0$  (потенційна урожайність 14 ц/га і менше) спостерігаються майже втричі частіше, ніж  $k \geq 2,0$  (30 ц/га і більше).

**Таблиця 1 – Повторюваність значень коефіцієнту вологозабезпечення соняшнику ( $k$ ) в Одеській області за період 1951–2013 рр.**

Повторюваність $k$ , %							
$\leq 0,8$	0,9-1,0	1,1-1,2	1,3-1,4	1,5-1,6	1,7-1,8	1,9-2,0	2,1 $\leq$
0	11	22	25	24	14	3	1

За аналізом повторюваності значень  $k$  можна стверджувати, що в цілому, ресурси атмосферного зволоження у Південному Степу України у другій половині минулого і на початку нинішнього століть у 7 роках із 10 потенційно можуть забезпечувати урожайність соняшнику середнього і вище середнього рівнів (16–26 ц/га). Реалізація цього потенціалу можлива, перш за все, за високого рівня агротехніки. Дуже несприятливі умови мають невелику повторюваність (1 рік із 10) – за досліджуваний період мінімальне значення коефіцієнту вологозабезпечення не знижувалось нижче 0,9 (відповідна потенційна урожайність – 12 ц/га).

На рис. 2 представлено графік багаторічної динаміки коефіцієнту вологозабезпечення соняшнику в Одеській області (5-річні ковзні середні).

Для відображення основної тенденції зміни умов вологозабезпечення за багаторічний період вибрано поліноміальний базис:

$$k(x) = a_0 + \sum_{i=0}^p a_i x^i, \quad (2)$$

де  $k(x)$  – коефіцієнт вологозабезпечення соняшнику;  $x$  – номер року;  $a_0$  – вільний член;  $a_i$  – коефіцієнти апроксимуючого поліному, розраховані методом найменших квадратів;  $i=0, \dots, p$ ,  $p$  – ступінь апроксимуючого поліному.

Емпіричний аналіз ряду динаміки коефіцієнту вологозабезпечення показав, що для апроксимації доцільно використовувати поліном 2-го порядку. Придатність обраного трендового рівняння оцінено за критерієм Фішера. Фактичне значення  $F$ -критерію, обчислене за параболічним трендовим рівнянням, дорівнює  $F=74,2$ , критичне значення для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  становить 3,15. Оскільки  $F_{\text{факт}} > F_{\text{крит}}$ , то парабола адекватно відображає основну тенденцію багаторічної зміни досліджуваного показника.

Таким чином, близьке до рівноприскореного збільшення коефіцієнту вологозабезпечення соняшнику в Південному Степу України спостерігається протягом 1951–1980 рр. Наприкінці ж минулого і на початку нинішнього століть визначається зворотна тенденція до зменшення параметру  $k$  на низхідній гілці лінії тренду.

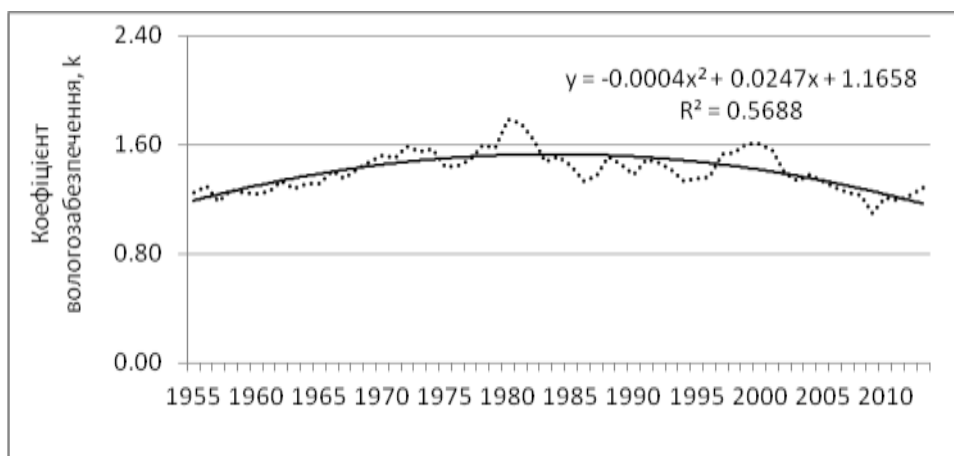


Рис. 2 – Багаторічна динаміка коефіцієнту вологозабезпечення соняшнику в Південному Степу України (на прикладі Одеської області)

Для детальнішої оцінки міжрічної динаміки умов вологозабезпечення соняшнику розраховано середні значення  $k$  за окремі десятиріччя (рис. 3).

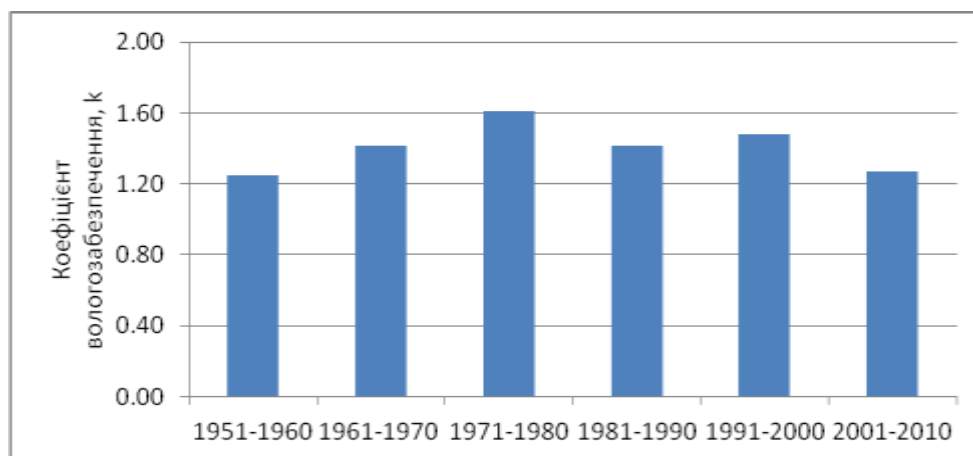


Рис. 3 – Середні значення коефіцієнту вологозабезпечення соняшнику по десятиріччях у Південному Степу України (на прикладі Одеської області)

Як видно з рис. 3, між 1951 р. та 2013 р. виділяються періоди різного ступеню сприятливості за зволоженням для вирощування соняшнику. Однак, у всі періоди середнє значення коефіцієнту вологозабезпечення перевищує 1,0, за якого потенційна врожайність становить 14 ц/га. Найсприятливіші умови атмосферного зволоження спостерігались протягом 1971–1980 рр. ( $k_{сер}=1,6$ ). Такий висновок узгоджується з результатами оцінки багаторічної динаміки кількості опадів у різних фізико-географічних зонах України, наведеними у роботі [1], згідно з якими, зокрема протягом 1976–1980 рр. річна кількість опадів становила понад 120 % від норми.

Багаторічна динаміка фактичної середньої обласної урожайності соняшнику за окремі десятиріччя у період 1951–2013 рр. відображена на рис. 4.

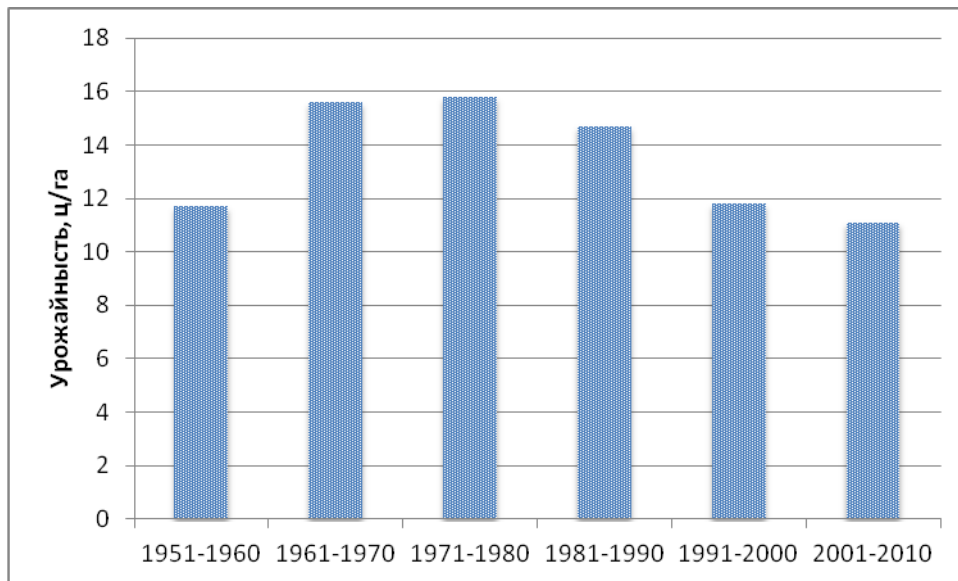


Рис. 4 – Середня фактична урожайність соняшнику по десятиріччях у Південному Степу України (на прикладі Одеської області)

За порівнянням рис. 3 і рис. 4 відзначається узгодженість міжрічної динаміки коефіцієнту вологозабезпечення соняшнику і його фактичної урожайності. Таким чином, підтверджується домінуюча роль умов зволоження у формуванні урожаю цієї культури у Південному Степу України. Водночас, як видно з рис. 4, фактична урожайність є значно нижчою у всі періоди, ніж очікувана за відповідного коефіцієнту вологозабезпечення. Такий недобір урожаю слід пов'язувати переважно з недоліками агрофітотехнологій – перш за все, недотриманням сівозмін, їх перенасиченням, порушенням мінімально допустимого терміну повернення соняшнику на площі, несвоєчасним проведенням технологічних операцій тощо.

**Висновки.** За результатами проведеного дослідження встановлено, що для оцінки умов вологозабезпечення посівів соняшнику слід використовувати такі показники, які враховують умови зволоження протягом тривалого передпосівного періоду. Це пов'язано з тим, що основним джерелом вологозабезпечення соняшнику, за нестачі атмосферних опадів у період вегетації, є запаси продуктивної вологи на глибинах у кореневмісному шарі, які накопичуються впродовж осіннього і зимового сезонів. Таким показником є коефіцієнт вологозабезпечення соняшнику, запропонований Ю. С. Мельником.

За аналізом багаторічної мінливості цього показника (на прикладі Одеської області) встановлено, що в цілому, ресурси атмосферного зволоження у Південному Степу України у другій половині минулого і на початку нинішнього століть у 7 роках із 10 потенційно можуть забезпечувати урожайність соняшнику середнього і вище середнього рівнів (16–26 ц/га). Реалізація цього потенціалу можлива за високого рівня агротехніки. У міжрічному ході коефіцієнту прослідковуються два періоди – з покращенням (протягом 1951–1980 рр.) і погіршенням (1981–2013 рр.) умов вологозабезпечення соняшнику. Особливості міжрічної динаміки коефіцієнту вологозабезпечення узгоджуються з багаторічними змінами фактичної урожайності соняшнику. Водночас, виявлено, що фактична урожайність культури є значно нижчою у всі періоди, ніж очікувана за відповідного коефіцієнту вологозабезпечення. Такий недобір урожаю слід пов'язувати з недоліками агрофітотехнологій.

### Список літератури

1. Барабаш М. Б. Дослідження змін та коливань опадів на рубежі ХХ і ХХІ ст. в умовах потепління глобального клімату / М. Б. Барабаш, Т. В. Корж, О.Г. Татарчук // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2004. – Вип. 253. – С. 92–102. 2. Васильев Д. С. Подсолнечник / Д. С. Васильев. – М. : Агропромиздат, 1990. – 174 с. 3. Дмитренко В. П. Метод агрометеорологічної оцінки і прогнозу врожайності соняшнику в Україні / Дмитренко В. П., Строкач Н. К., Однолеток Л. П. // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2005. – Вип. 254. – С. 30–40. 4. Коваленко А. М. Водоспоживання соняшника за різних умов вирощування в сівозмінах короткої ротації / А. М. Коваленко // Наук.-техн. бюл. Ін-ту олійних культур НААН. – 2012. – № 17. – С. 104–109. 5. Мельник Ю. С. Климат и произрастание подсолнечника / Ю. С. Мельник. – Л. : Гидрометеиздат, 1972. – 143 с. 6. Миусский П. Е. О математической модели продукционного процесса подсолнечника / Миусский П. Е., Наумов М. М., Русакова Т. И. // Метеорология, климатология и гидрология. – 1989. – Вып. 24. – С. 45–47. 7. Мищенко З. А. Агроклиматология / З. А. Мищенко. – К. : КНТ, 2009. – 511 с. 8. Мищенко З. А. Региональная агроклиматическая оценка продуктивности подсолнечника на основе моделирования в Украине / З. А. Мищенко, Н. В. Кирнасовская // Метеорология, климатология и гидрология. – 2005. – №5. – С. 72–81. 9. Мурга А. В. Уточнение оптимальных значений температуры воздуха и осадков для подсолнечника по зонам УССР / А. В. Мурга / Труды УкрНИГМИ. – 1976. – Вып. 151. – С. 44–51. 10. Наумов М. М. Метод оценки и прогноза урожайности подсолнечника на юге Украины / М. М. Наумов / Метеорология, климатология та гідрологія. – 2001. – Вип. 44. – С. 112–117. 11. Подсолнечник / Под общ. ред. В. С. Пустовойта. – М. : Колос, 1975. – 590 с.

**Круківська А. В. Динаміка умов вологозабезпечення соняшнику в Південному Степу України.** На основі комплексного показника вологозабезпечення соняшнику Ю. С. Мельника, який ґрунтується на врахуванні умов атмосферного зволоження у передуючі вегетації осінній і зимовий сезони, проаналізовано багаторічні зміни агрокліматичного потенціалу урожайності культури у Південному Степу України (на прикладі Одеської області).

*Ключові слова:* агрокліматичні умови, соняшник, коефіцієнт вологозабезпечення, повторюваність, тренд, урожайність.

**Krukiwska A. V. Dynamics of the moisture providing conditions of sunflower in South Steppe of Ukraine.** On the basis of the complex index of moisture providing of sunflower (by Y. S. Melnik), which includes the conditions of atmospheric moisture during the autumn and winter seasons, which are prior to the growing season, the long-term variability of agroclimatic potential of crop yields in South Steppe of Ukraine has been analyzed (on the example of Odessa region).

*Keywords:* agroclimatic conditions, sunflowers, coefficient of moisture providing, reiteration, trend, yields.

**Круковская А. В. Динамика условий влагообеспеченности подсолнечника в Южной Степи Украины.** На основе комплексного показателя влагообеспеченности подсолнечника Ю. С. Мельника, который учитывает условия атмосферного увлажнения предшествующих вегетации осеннего и зимнего сезонов, проанализировано многолетнюю изменчивость агроклиматического потенциала урожайности культуры в Южной Степи Украины (на примере Одесской области).

*Ключевые слова:* агроклиматические условия, подсолнечник, коэффициент влагообеспеченности, повторяемость, тренд, урожайность.

**Надійшла до редколегії 05.03.2015**