

УДК 528.8:633.854.78

В. І. Лялько, О. І. Сахацький, Г. М. Жолобак, О. А. Апостолов

Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук Національної академії наук України», Київ

ДИСТАНЦІЙНЕ ВИЗНАЧЕННЯ СТРОКІВ СІВБИ СОНЯШНИКУ

Проаналізовано зміни вегетаційного індексу нормалізованої різниці (NDVI) за даними супутникових знімків MODIS (28.05–09.07.2011 р.) для виробничих посівів соняшнику різного строку сівби під урожай 2011 р. на Миколаївщині. Виявлено, що поля соняшнику зі строком сівби у квітні за досліджений період акумулюють більш ніж удвічі вищі значення суми NDVI, у порівнянні з висіяними на початку червня. Водночас вперше дистанційно встановлено, що переважну більшість полів соняшнику у межах центральної частини Миколаївської області під урожай 2011 р. було засіяно у травні.

ВСТУП

В Україні соняшник забезпечує майже 95 % загального виробництва олії, і тому є провідною олійною культурою [1]. За даними іноземного аграрного представництва при Міністерстві сільського господарства США, обсяги експорту соняшникової олії (2.9 млн т) в 2011/12 маркетинговому році вивели нашу державу за цим показником на перше місце у світі [<http://www.fas.usda.gov>]. Проте стрімке нарощування валового збору соняшникового насіння як основної олійної сировини впродовж останніх років забезпечується переважно екстенсивним шляхом за рахунок різкого розширення посівних площ соняшнику.

Як засвідчують праці фахівців Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН [4], науково обґрунтований рівень посівів соняшнику в Україні знаходиться в межах 2.0–2.5 млн га. Такі розміри посівні площі соняшнику займали до 1997 р. З 2003 р. вони вийшли за межі 3 млн га, а від 2008 р. вже перевищують 4 млн га. За даними Міністерства аграрної політики України найбільші площі під соняшник відводяться у Дніпропетровській, Запорізькій, Миколаївській і Донецькій областях [<http://www.minagro.gov.ua>].

Недотримання науково обґрунтованих оптимальних площ посіву соняшнику призводить до низки негативних явищ: поширення і посилення інтенсивності розвитку хвороб і шкідників, зниження родючості ґрунтів та ін. При цьому спостерігаються численні порушення технології вирощування соняшнику, коригування 8-9-пільних сівозмін і введення 3-4-пільних. Відомі посіви цієї культури і щорічно на одному місці без застосування спеціальних заходів. Це завдає значних збитків врожаю не тільки соняшнику, а й інших культур сівозміни через порушення агротехнічних вимог.

Вирішення виниклих проблем можливе лише за умови оптимізації площ вирощування олійних культур. В цьому ракурсі важливо вчасно отримувати незалежну та об'єктивну інформацію про фактичні розміри, відведені під посіви провідної олійної культури. Проте така задача ускладнюється через досить розтягнуті у часі строки сівби соняшнику, які у степовій зоні України переважно охоплюють період від другої декади квітня до третьої декади травня. Вищесказане зумовлює актуальність дистанційного дослідження посівів соняшнику.

Метою нашої роботи було вивчення можливості дистанційного (за допомогою знімків MODIS) визначення строків сівби соняшнику на основі диференціації його посівів, що перебувають на різних фазах першої половини вегетації.

ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом досліджень були виробничі посіви соняшнику культурного (*Helianthus cultus* Wenzl.), які вирощувались у степовій зоні України. Наземні маршрутні обстеження проводились нами на території Миколаївської області 10—11 червня 2011 р. у межах її центральної частини (див. рис. 1 на кольоровій вклейці). В цей час більшість посівів знаходилась у фазі листкоутворення та росту стебла, проте були зафіксовані поля як зі сходами соняшнику і появою першої пари справжніх листків, так і з рослинами, що перебували на початку бутонізації.

Для дистанційної ідентифікації посівів були використані знімки MODIS з розрізненністю 250 м за такі дати 2011 р.: 28 травня, 4, 7, 19, 23 червня та 9 липня. За допомогою програми ERDAS Imagine для кожного знімка було розраховано вегетаційний індекс нормалізованої різниці (*NDVI*), що дорівнює частці від ділення різниці показників відбиття об'єктів у ближній інфрачервоній та червоній області спектра на їхню суму. Далі на знімках було локалізовано обстежені посіви та за допомогою інструмента AOI виділено їх для наступного визначення вегетаційного індексу.

Серед обстежених посівів відповідно до їхньої площі та розрізненності знімків відібрано по однаковій кількості полів (сім), на яких соняшник перебував у тотожних фазах вегетації (сходи — перша пара справжніх листків, ріст стебла та початок бутонізації). Для них за даними всіх знімків розраховано середню суму акумульованого *NDVI* із середніх значень індексу для кожного поля, взятих з таблиці сигнатур.

Для комбінації знімків MODIS в середовищі програми ERDAS Imagine було проведено керувану класифікацію з метою виявлення посівів соняшнику вказаних фаз вегетації у межах центральної частини Миколаївської області.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

На основі дистанційних даних отримано такі значення акумульованого *NDVI* для різних фаз розвитку: 0.997...1.338 відносних одиниць (фаза сходи — перша пара справжніх листків, 19, 23 червня, 9 липня), 1.239...1.886 (фаза росту стебла,

4, 7, 19, 23 червня, 9 липня), 2.282...2.614 (фаза початку бутонізації, 28 травня, 4, 7, 19, 23 червня, 9 липня). Значення акумульованого *NDVI* для досліджених полів становлять відповідно 1.17 (сходи), 1.62 (ріст стебла) та 2.42 (початок бутонізації) відносних одиниць (рис. 2).

З рис. 2 видно, що значення акумульованого *NDVI* для всіх трьох вивчених фаз достовірно (на рівні значущості $\alpha = 0.05$) відрізняються. Зокрема видно, що посіви соняшнику, які перебували 10—11 червня 2011 р. на початку бутонізації, за досліджений період нагромадили більш ніж удвічі вищі значення *NDVI*, ніж ті, що були у фазі сходів — утворення першої пари справжніх листків.

Отримані відмінності значень *NDVI* спричинені зміною архітекtonіки посівів впродовж вегетаційного періоду. Як відомо, у розвитку соняшнику від сівби до повного досягання розрізняють такі фази (рис. 3): сходи, перша пара справжніх листків, листкоутворення та ріст стебла, утворення кошика (бутонізація), цвітіння, досягання [7].

Тривалість міжфазних періодів у найпоширенішій середньостиглої групи сортів (гібридів) соняшнику становить: від сівби до сходів 14—16 діб, від сходів до початку утворення кошика 37—43, від початку утворення кошика до цвітіння

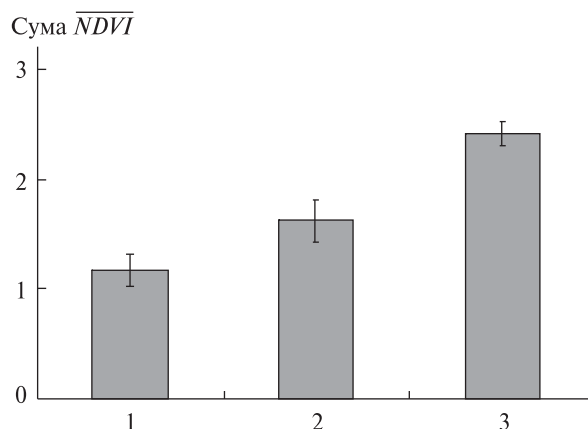


Рис. 2. Значення акумульованого \overline{NDVI} посівів соняшнику, які 10—11 червня 2011 р. перебували у різних фазах розвитку: 1 — фаза сходів — першої пари справжніх листків, 2 — фаза росту стебла, 3 — фаза початку бутонізації. Межі довірчого інтервалу відповідають рівню значущості $\alpha = 0.05$



Сходи Перша пара справжніх листків Ріст стебла Бутонізація Початок цвітіння Кінець цвітіння Дозрівання

Рис. 3. Фази вегетації соняшнику (за матеріалами сайту <http://www.nutritech.com.ua/custom/image/2008/Kultura/sonax-schema.jpg>)

27—30, а від цвітіння до досягання 44—50 діб. У ранньостиглих форм міжфазні періоди скорочуються, у середньопізніх — подовжуються. Період вегетації сортів і гібридів соняшнику (від сівби до досягання насіння), які вирощуються в Україні, триває від 80 до 130 діб [5]. За період від сівби до сходів середня висота рослин досягає 10—12 см, від сходів до початку утворення кошика на рослині формується 10—12 справжніх листків (у скоростиглих — 8 листків, у пізньостиглих 12—18 листків), а висота посіву становить 1—1.3 м. До початку бутонізації рослини досягають приблизно 40—50 % своєї максимальної висоти (щодобовий приріст 1—1.5 см) [3].

Беручи до уваги наведені дані, можемо стверджувати, що ті поля, де рослини соняшнику на момент їхнього моніторингу перебували у фазі сходів, були засіяні наприкінці травня — на початку червня (тривалість міжфазного періоду сівба — сходи становить 14 діб). Строком сівби переважної більшості полів, де під час наземного обстеження відбувались процеси росту стебла та листкоутворення, був травень, а для полів з рослинами соняшнику на початку бутонізації — кінець квітня. Таким чином, дистанційна інформація та врахування відомих значень тривалості міжфазних періодів вегетації соняшнику умож-

ливають встановлення дат проведення його сівби. Враховуючи те, що за умов оптимального зволоження період сівба — сходи залежить від температури повітря [3], для надійнішого визначення строків сівби слід брати до уваги ще й ці параметри.

Оскільки доведено, що тривалість періоду сходи — бутонізація корелює з кількістю листків на рослині ($r = 0.66$) і є визначальною до загальної тривалості вегетаційного періоду ($r = 0.78$), а отже пов'язана з урожайністю соняшнику [2, 8], то ці дані можна використати для розробки методики дистанційного прогнозування його продуктивності. Звісно, при цьому слід враховувати метеорологічні умови конкретного року, бо, як зазначає І. А. Нейштадт [6], у теплі роки сівба соняшнику і його розвиток відбуваються швидше, ніж у прохолодні роки, що спричиняє різний час досягнення максимумів значень перпендикулярного індексу (PVI), використаного цим автором для класифікації знімків MODIS. До того ж максимальні значення PVI також дуже коливаються з року в рік, залежно від наявних метеоумов. Тому темпоральна поведінка вегетаційних індексів посівів соняшнику впродовж кількох вегетаційних сезонів має бути предметом подальшого вивчення.

Наступним кроком наших досліджень було виділення посівів соняшнику у межах центральної частини Миколаївської області за матеріалами знімків спектрорадіометра MODIS із супутників EOS («Terra EOS AM-1»). На новоствореному знімку, синтезованому за три дати 28 травня, 19 червня та 9 липня 2011 р. за значеннями *NDVI*, поля соняшнику, засіяні в різний час, мали різні відтінки синього кольору (див. рис. 4 на кольоровій вклейці). Зокрема, поля з рослинами, які перебували на початкових фазах розвитку, зображались майже темно-синіми. Площі, де рослини знаходились у фазі листкоутворення та росту стебла, візуалізувались блакитним кольором, а зайняті соняшником на початку бутонізації — світло-голубим. Накладання ГІС-даних меж районів на синтезований знімок дало можливість зафіксувати, що в Новобузькому та Єланецькому районах переважали посіви зі строком сівби у травні, оскільки більшість з них перебувала у фазі росту стебла. У Новоодеському та Миколаївському районах виділялись посіви з різними строками сівби, але в Новоодеському знаходились чималі площі з пізнім посівом цієї культури (відображені темно-синім кольором у центральній частині району), а у Миколаївському на окремих полях соняшник вступив у фазу початку бутонізації (зображення полів на знімку ідентифікуються як світло-голубі). Виявлені відмінності створюють принципові передумови для визначення розмірів площ посівів соняшнику, висіяного у різні строки, у межах окремих адміністративних одиниць. Наведене зображення демонструє, що на загал у центральній частині Миколаївської області найбільші за розмірами площі посівів цієї культури відповідали полям, засіяним у травні (на знімку переважає блакитний колір). Це підтверджується і даними про хід сівби соняшнику у 2011 р., отриманими зі сайту Головного управління статистики у Миколаївській області (<http://mk.ukrstat.gov.ua/>). Згідно з ними станом на 29 квітня 2011 р. посівна площа під соняшником на зерно складала 121.9 тис. га, станом на 1 червня 2011 р. вона розширилась до 322.9 тис. га, а у підсумку сягнула 382.0 тис.

га. З приведених цифр випливає, що переважну більшість площ (201 тис. га) під соняшник на зерно у 2011 р. у Миколаївській області було засіяно у травні, на що й вказала отримана нами дистанційна інформація.

ВИСНОВКИ

Таким чином, аналіз акумульованого *NDVI* впродовж першої половини вегетації соняшнику під урожай 2011 р. за даними супутникових знімків MODIS дозволив виявити достовірні відмінності його сумарного значення на рівні значущості $\alpha = 0.05$ для виробничих посівів різного строку сівби. Зокрема, для полів соняшнику, засіяних у квітні, характерні більш ніж удвічі вищі значення суми *NDVI* за досліджений період, ніж для полів, засіяних на початку червня. На підставі аналізу динаміки акумуляції цього вегетаційного індексу встановлено, що переважну більшість полів соняшнику у межах центральної частини Миколаївської області під урожай 2011 р. було засіяно у травні. Отже, отримана супутникова інформація та врахування відомих значень тривалості міжфазних періодів вегетації соняшнику вперше в Україні уможливили дистанційне встановлення дат проведення його сівби на території центральної частини Миколаївської області під урожай 2011 р.

1. Бойко С. М. Стан олійно-жирової галузі України, проблеми і перспективи розвитку // Вісник Державного агроекологічного ун-ту. — 2003. — Вип. 1. — С. 281—285.
2. Бурлов В. В., Редько В. В. Корреляционный анализ некоторых хозяйственных признаков, определяющих длину вегетационного периода и урожайность подсолнечника // Научно-технический бюллетень ВСГИ. — 1982. — Вып. 2. — С. 47—53.
3. Вольф В. Г. Соняшник. — К.: Урожай, 1972. — 228 с.
4. Кириченко В. В., Коломацька В. П., Макляк К. М., Сивенко В. І. Виробництво соняшнику в Україні: стан і перспективи // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. — 2010. — Вип. 7. — С. 281—287.
5. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Лісостепу України: В 2-х т. — К.: АЛЕФА, 2003. — Т. 1. — 886 с.
6. Нейштадт И. А. Методы обработки данных спутниковых наблюдений MODIS для мониторинга пахотных земель: Автореф. дис... канд. техн. наук. — Москва, 2007. — 24 с.

7. Семихненко П. Г. Подсолнечник, особенности биологии и важнейшие приемы его возделывания: Автореф. дис... д-ра с.-х. наук. — Краснодар, 1970. — 36 с.
8. Троценко В. І., Жатова Г. О., Жатов О. Г. Залежність продуктивності соняшнику від тривалості вегетаційного періоду // Вісник Сумського НАУ. — 2003. — Вип. 7. — С. 117—122.

Стаття надійшла до редакції 28.12.12

*В. І. Лялько, А. І. Сахацький,
Г. М. Жолобак, О. А. Апостолов*

ДИСТАНЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ СЕВА ПОДСОЛНЕЧНИКА

Проанализированы изменения вегетационного индекса нормализованной разницы (NDVI) по данным спутниковых снимков MODIS (28.05.—09.07.2011 г.) для производственных посевов подсолнечника разных сроков сева под урожай 2011 г. в Николаевской области. Обнаружено, что поля подсолнечника со сроком сева в апреле за исследованный период аккумулируют более чем в два

раза большие значения суммы NDVI, чем засеянные в начале июня. В то же время впервые дистанционно установлено, что преобладающее большинство полей подсолнечника в пределах центральной части Николаевской области под урожай 2011 г. было засеяно в мае.

*V. I. Lyalko, O. I. Sakhatsky,
G. M. Zholobak, O. A. Apostolov*

REMOTE DETECTION OF SUNFLOWER SOWING TIME

We analyzed changes of normalized difference vegetation index (NDVI) value on the basis of satellite images MODIS (28.05—09.07.2011) for the production crops of sunflower with different sowing time in the Mykolaiv region for the harvest in 2011. It was found that for the time interval under study the sunflower fields sown in April accumulated more than twice greater value of the NDVI sum as compared with the fields sown in early June. It was revealed for the first time with the use of satellite data that most of sunflower fields within the central part of the Mykolaiv region were planted in May for the harvest in 2011.

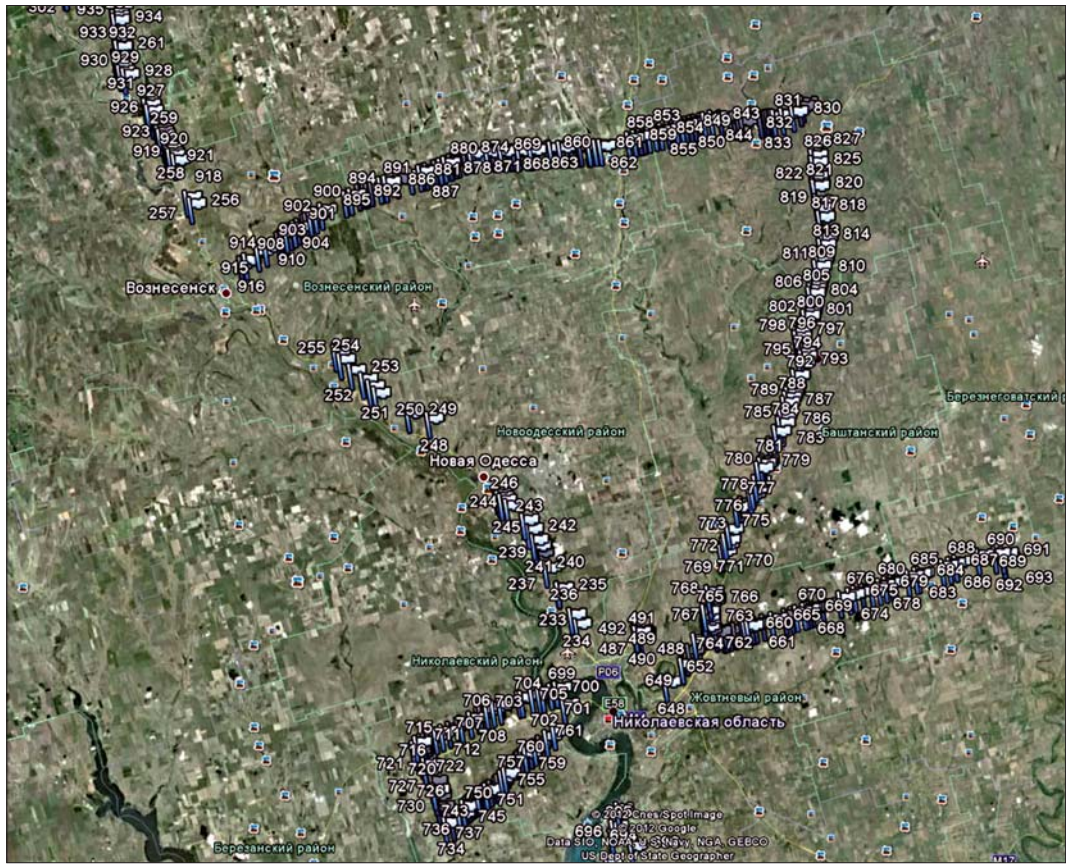


Рис. 1. Схема маршрутных обстежень Миколаївської області у 2011 р.

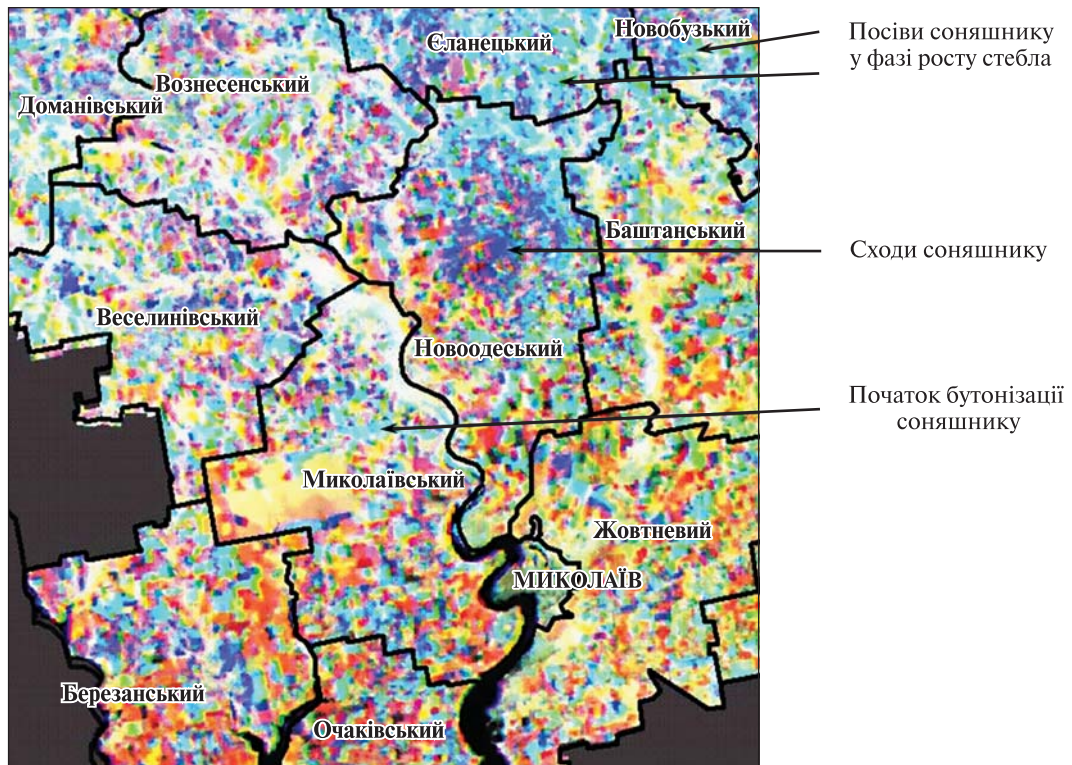


Рис. 4. Виділення посівів соняшнику у межах центральної частини Миколаївської області на синтезованому знімку MODIS за 28 травня, 19 червня та 9 липня 2011 р.