

4.Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. - К.: Вища школа, 1994. - 334 с.

5.Церлинг В.В. Характеристика морфо-биометрических показателей и их учет //В кн. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. - М.: Агропромиздат, 1990. - С. 42-54.

При вирощуванні салата посівного в зоні Лесостепі України на чорноземах оподзолених тяжелосуглинистих визначення площі листя і динаміки наростання листової поверхності найбільш точним був розрахунковий метод при використанні переводного коефіцієнта 0,85, який забезпечує достовірну точність і простоту в виконанні вимірювань і розрахунків, і також не потребує додаткових приладів.

When growing lettuce in the forest-steppe zone of Ukraine on chernozem podzolised clay loam soils, the determining of leaf area and dynamics of its growth is the most accurate with a calculation through the use of 0.85 coefficient of conversion which guarantees trustworthy exactness and simplicity of fulfilment of measurements and calculations and does not require additional devices.

УДК 519.24.001:633

ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

О.М. Ганженко

Інститут цукрових буряків УААН

У статті розглянуто застосування методів математичної теорії планування експериментальних досліджень сільськогосподарських процесів, наведено переваги спеціальних центральних композиційних планів над класичними повнофакторними планами

Тривалий час методи математичної статистики використовувались лише на останньому етапі сільськогосподарських досліджень - під час оброблення та аналізування дослідних даних. Організація та планування самого експерименту повністю покладались на інтуїцію дослідника.

За визначенням *планування експерименту* - це процедура вибору умов проведення дослідів та їх кількості, необхідної та достатньої для вирішення поставленої задачі з наперед заданою точністю [1, 4]. Таке планування дозволяє завчасно визначити схему покрокового проведення експерименту з мінімальною кількістю дослідів за одночасного варіювання усіх факторів.

Більшість задач, які доводиться вирішувати сільськогосподарській науці експериментальним шляхом, можна об'єднати у дві основні групи:

1. Прогнозування значення результуючого показника (відгуку) залежно від значення факторів (прогнозування урожайності с.-г. культур, кількості бур'янів, шкідників, прогноз економічних показників).

2. Пошук оптимальних значень факторів (оптимальні параметри та режими роботи с.-г. машин та їх робочих органів, вибір оптимальних норм добрив).

Задачі першої групи називають інтерполяційними, а їх вирішення передбачає пошук залежності між відгуком та факторами, які на нього впливають. Особливістю задач цього типу є можливість використання неконтрольованих та взаємозалежних факторів (температура та вологість повітря, щільність та твердість ґрунту, кількість опадів та сонячної радіації"), при цьому експеримент полягає у спостереженні та фіксуванні значень факторів та відгуків.

Задачі другої групи прийнято називати *екстремальними* або *оптимізаційними*, оскільки їх вирішення полягає у пошуку екстремуму функції

$$y=f(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (1)$$

яка з достатньою точністю описує об'єкт або процес, що вивчається. Функцію (1) називають *функцією відгуку*, а графічну інтерпретацію цієї функції - *поверхнею відгуку*. Результуючий параметр y для екстремальних задач прийнято називати *параметром оптимізації*. Розв'язання задачі оптимізації ґрунтується здебільшого на аналізі *математичної моделі*, вираженої поліномом другого ступеня, розрахованого за результатами спеціально спланованого екстремального експерименту, факторами якого є незалежні та контрольовані величини, що варіюють принаймні на трьох рівнях.

Більшість досліджень у сільськогосподарській науці проводиться за повнофакторним експериментом (ПФЕ), відповідно до якого необхідно дотримуватись принципу факторіальності, тобто план експерименту повинен передбачати випробування всіх можливих комбінацій рівнів факторів, загальна кількість варіантів у цьому випадку визначається за

формулою:

$$N=3^k \quad (2)$$

де k - кількість факторів.

Головним недоліком ПФЕ є значна кількість варіантів, яка суттєво перевищує кількість коефіцієнтів математичної моделі, побудованої за його результатами, а як відомо для побудови адекватної математичної моделі необхідно і достатньо щоб кількість варіантів була на 1 більше кількості коефіцієнтів цієї моделі. Крім того, за ПФЕ неможливо об'єктивно побудувати математичну модель 2-го порядку, оскільки ефекти квадратичних членів такої моделі будуть змішуватись із вільним членом.

На сьогодні розроблено і видано каталоги різноманітних планів другого порядку [3], які дозволяють уникнути наведених недоліків. Найпоширенішими є центральні композиційні плани (ЦКП) - ротабельні та ортогональні.

Ротабельним ЦКП називають план, який забезпечує однакову точність прогнозу моделі в усіх точках, рівновіддалених від центру плану. Ротабельний ЦКП дозволяє з високою точністю оцінити коефіцієнти регресії, однак є досить трудомісткий через значну кількість дослідів.

Ортогональний ЦКП дозволяє отримати незалежні оцінки коефіцієнтів регресії, оскільки матриця такого плану є ортогональною в широкому розумінні. При цьому значно зменшується кількість проведених дослідів та спрощується процес побудови та аналізу математичної моделі.

Під час застосування ортогонального ЦКП загальну кількість варіантів розраховують за формулою:

$$N \sim \sum_{i=1}^n N_{a_i} + N_0; \quad (3)$$

де $\#_{\text{ПФЕ}(1)} = 2$ - кількість варіантів за ПФЕ першого порядку (ядро плану); $N_a = 2k$ - кількість "зіркових"

точок; N_n - кількість дослідів у центрі плану.

Порівнюючи формули (2) та (3) можна зробити висновок, що із збільшенням кількості факторів планування експерименту за ортогональним ЦКП дозволяє значно зменшити кількість варіантів дослідів порівняно із ПФЕ. Так під час

вивчення впливу трьох факторів кількість варіантів за ПФЕ становить 27, а за ОЦКП - 15. При збільшенні кількості факторів до 6 застосування ортогонального ЦКП дозволяє більше ніж у 9 разів зменшити кількість дослідів (рис. 1).

Кількість дослідів 800 700 600 500 400 300 200 100 0	— "Повнофакторний експеримент"	<i>IV</i>			
	- "А - Ортогональний ЦКП"				
	$\wedge - \text{Л М Г} \wedge \text{Й} \wedge - \text{Р}$				
	2	3	4	5	6
	Кількість факторів				

Рис. 1. Кількість необхідних варіантів дослідів залежно від кількості факторів та способу планування експерименту.

Розглянемо приклад побудови ОЦКП для 3-факторного експерименту. Основою ОЦКП є повнофакторний план першого порядку (точки 1-8) до якого додають певну кількість "зіркових" точок (точки 9-14), розміщених на координатних осях на відстані α від центру плану та одну (точка 15) точку у центрі плану (рис. 2). Таким чином одна зіркова точка 9 у ОЦКП (рис. 2 б) замінює п'ять точок 9-13 у ПФЕ (рис. 2 а), а загальна кількість варіантів за ОЦКП буде становити 15.

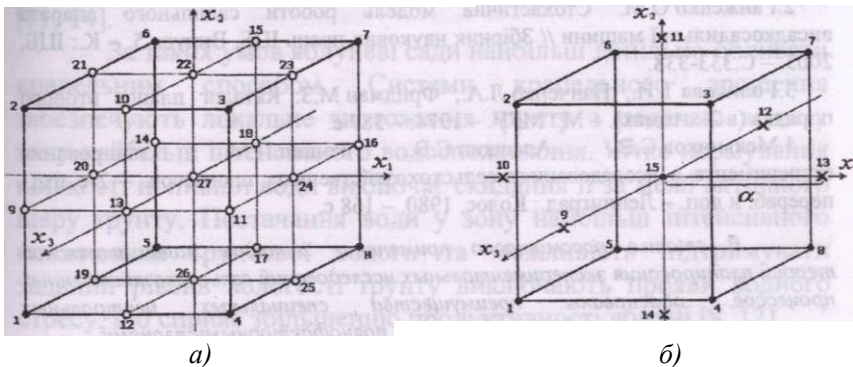


Рис. 2. Факторний простір трифакторного експерименту:
 а) за повнофакторним планом;
 б) за ортогональним центральним композиційним планом.

б) за ортогональним центральним композиційним планом.

Величину зіркового плеча a для ортогонального планування визначають виходячи з умови забезпечення ортогональності план-матриці:

$$\frac{N_0 \cdot 2^k \cdot [2^{*+2^{*+N_0}] - 2^*]}{V} = 2$$

де k - кількість досліджуваних факторів;

N_0 - кількість дослідів в центрі плану.

За ОЦКП у ґрунтовому каналі ІЦБ УААН було проведено дослід з обґрунтування параметрів дискового щілиноутворювача [2].

Таким чином, планування експериментів не означає організацію проведення експериментальної частини досліджень в загальноприйнятому розумінні з урахуванням виконаного обсягу робіт за періодами часу. Планування експерименту - це метод побудови математичних моделей різноманітних керованих процесів, який дозволяє підвищити продуктивність праці науковців за рахунок значного зменшення кількості дослідів та підвищення їх інформативності, при цьому кількість дослідів зменшується у кілька разів, виявляється кількісна оцінка впливу факторів та будується відповідна математична модель, за допомогою якої відшуковуються оптимальні умови протікання процесів.

Список літератури

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.Б. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. - 280 с.
2. Г'анженко О.М. Стохастична модель роботи садильного апарата висадкосадильної машини // Збірник наукових праць ІЦБ. Випуск 5. - К.: ІЦБ, 2003. - С.333-338.
3. Голикова Т.И., Панченко Л.А., Фридман М.З. Каталог планов второго порядка (в 2-х томах). - М.: МГУ. - 1974. - 387 с.
4. Мельников С.В., Алешкин С.В., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ленинград.: Колос, 1980. - 168 с.

В статье рассмотрено применение методов математической теории планирования экспериментальных исследований сельскохозяйственных процессов, обоснованы преимущества специальных центральных композиционных планов над классическими полнофакторными планами.

The article deals with the use of methods of mathematical theory of designing the experimental researches of agricultural processes; it gives advantage of special central composite designs over classical packed factorial designs.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕНСИВНИХ ЯБЛУНЕВИХ САДІВ ЗРОШУВАНИХ КРАПЕЛЬНИМ СПОСОБОМ

М.В. Шемякін

Уманський державний аграрний університет

Висвітлені питання місця і глибини встановлення тензіометрів чи відбору зразків ґрунту в інтенсивних яблуневих садах, зрошуваних крапельним способом, з урахуванням зони найбільш інтенсивного споживання вологи і особливостей розподілу поливної води у трунті, що значно зменшує трудомісткість визначення вологозабезпечення таких садів.

За даними І.К. Омельченка, у зоні Лісостепу за вегетаційний період плодоносним садом на водоспоживання витрачається 3500 - 5000 м³/га води, а кількість атмосферних опадів за цей період становить 300 - 450 мм чи 3000 - 4500 м³/га. Частину атмосферних опадів весною компенсують запаси ґрунтової вологи, які накопичились за осінньо-зимовий період. Тому дефіцит водоспоживання необхідно поповнювати за допомогою зрошення [6].

На відміну від більшості сільськогосподарських культур, дерева яблуні висаджуються на значній віддалі одне від одного. Тому споживання ґрунтової вологи у яблуневих садах має певні особливості. Яблуня здатна висушувати ґрунт до вологості в'янення. Однак до такого ступеня висушується не увесь ґрунт, а лише об'єм, де насиченість мичкуватим корінням найбільша [11,14].

За таких умов яблуневі сади найбільш доцільно поливати крапельним способом. Системи крапельного зрошення забезпечують локальне зволоження ґрунту з подачею води у зону найбільш інтенсивного водоспоживання. Чітке нормування кількості поливної води виключає скидання її за межі активного шару ґрунту. Постачання води у зону найбільш інтенсивного споживання ґрунтової вологи та можливість підтримувати заданий рівень вологості ґрунту виключають прояви водного стресу, що сприяє збільшенню продуктивності яблуні [9, 12].

При застосуванні крапельного зрошення, після поливів, утворюються контури зволоження, які із глибиною розширюються і у поперечному розрізі мають форму еліпса діаметром від 0,4 до 1,0 м. Розміри і форма контурів зволоження

залежать від відстані між крапельницями, величини поливної норми, передполивного рівня вологості та витрати крапельниці [2, Ю, 13].

У вирішенні питання оптимального вологозабезпечення важливим є визначення терміну проведення чергового поливу. Об'єктивним показником потреби яблуні у воді є фактичні запаси вологи у кореневмісному шарі ґрунту [11, 14]. При плануванні поливів також необхідно враховувати потужність кореневмісного шару, передполивні пороги вологості ґрунту, особливості водоспоживання культури [4].

Досліди з визначення потужності шару інтенсивного вологообміну, розмірів контуру зволоження, оптимального місця відбору зразків для визначення запасів ґрунтової вологи у інтенсивних насадженнях яблуні проводились у дослідно-показовому саду Навчально-наукової станції Уманського ДАУ. Деревя були висаджені у 1995 році за схемою 4x1 м. Сорт яблуні Джонаголд на підщепі М. 9 (клон Т337). Сад розташований на вершині південного пологого схилу й обладнано системою крапельного зрошення і фертигації. Поливні трубопроводи, з вмонтованими всередині через 0,5 м крапельницями, розташовані вздовж ряду на поверхні ґрунту під стовбурами дерев. Витрата води однією крапельницею складає 2 л/години. Агротехніка загальноприйнята для садів інтенсивного типу. Клімат зони - помірно-континентальний, характеризується нестійким зволоженням. Кількість опадів за вегетацію 399 мм. Ґрунт дослідної ділянки - чорнозем опідзолений малогумусний важкосуглинковий, у даному досліді утримується під чорним паром. Ґрунтові води залягають на глибині 12 м.

Динаміку вологості ґрунту спостерігали термостатно-ваговим методом. Зразки відбирали на глибині до одного метру. Розрахунковий шар зволоження ґрунту 0,4 м, витрата води за один полив 35 л/дерево. Зрошення застосовували, коли вологість у кореневмісному шарі ґрунту знижувалась до рівня 80% НВ [3].

Основна частина кореневої системи дерев яблуні на підщепі М. 9 (клон Т337) при схемі садіння 4x1 м знаходиться на відстані до 1 м від штабів і на глибині до 60 см [7]. Дослідження витрат ґрунтової вологи у саду показали, що

найбільш інтенсивно вона витрачається на відстані до 0,6-0,8 м від штамбу дерева у напрямку міжрядь. За такої щільності розміщення дерев у ряду зона інтенсивного водоспоживання утворює суцільну смугу. Вивчення глибини активного вологообміну у метровому горизонті виявило, що у середньому за вегетацію основна частка вологи витрачається з 0-40 см шару ґрунту. При достатньому вологозабезпеченні сумарне водоспоживання з цього шару ґрунту в яблуневому саду складає 96,1 %, а в посушливих умовах - 82,3 % від загальної кількості витраченої вологи. Більш детальний розгляд закономірностей водоспоживання інтенсивних яблуневих садів показав, що на початку вегетації, при достатніх запасах ґрунтової вологи, витрата її з 0-40 см шару ґрунту становить 92,4 % від витраченої вологи. Нестача ґрунтової вологи знижує цей показник до 88,8 %. Підвищення напруженості метеорологічних умов у період цвітіння яблуні веде до збільшення споживання вологи з більш глибоких горизонтів ґрунту. При достатніх запасах ґрунтової вологи сумарне водоспоживання з 0-40 см шару у цей час знижується до 87,3 %, а при їх дефіциті - до 76,6 % від загальної кількості витраченої вологи з метрового шару ґрунту. В період росту пагонів сумарне випаровування з вказаного шару ґрунту при достатніх вологозапасах збільшується до 98,0 %, а при їх нестачі лишається практично на тому ж рівні. У липні і серпні, незалежно від вологозабезпеченості, витрата вологи у яблуневому саду з 0-40 см шару ґрунту знаходиться практично на одному рівні - 85,3-85,6 % від загальної кількості витраченої вологи. Восени у вологі роки з глибини 40 см відбувається накопичення вологи, а у сухі - до 15,8 % вологи витрачається на сумарне випаровування. Ці дані вказують на те, що у яблуневих садах інтенсивного типу при схемі садіння 4x1 м вздовж ряду утворюється зона висушування шириною 1,2-1,6 м і глибиною 0,4 м.

При зрошенні розміри і форма контуру зволоження залежали від ступеня і глибини висушування ґрунту. Найбільш вологим завжди був незначний об'єм ґрунту безпосередньо під крапельницею. Весною, коли вологість ґрунту знижувалась до передполивного порогу лише у верхньому розрахунковому шарі, контур зволоження мав форму усіченого конусу, який на глибині 40-50 см з'єднувався з ґрунтовою вологою. Влітку, коли

запаси ґрунтової вологи зменшувались і у більш глибоких горизонтах, контур зволоження мав форму „груші”, найширша частина якої радіусом 30-40 см розташовувалась на глибині від 20 до 50 см. Біля поверхні ґрунту радіус контуру зволоження зменшувався до 15-20 см. Тому можна вважати, що у напрямку ряду також утворюється суцільна смуга зволоження.

Менший об'єм зволоження по відношенню до об'єму інтенсивного висушування ґрунту в садах при застосуванні крапельного зрошення є звичайною практикою [2, 13].

Застосування оптимальних поливних норм у зрошуваному садівництві неможливе без визначення кількості вологи у зоні найбільш інтенсивної її витрати. Важливим питанням є місце відбору зразків. За даними Ю.А. Маркова [5], в садах пальметного типу вологість ґрунту необхідно визначати у смузі вздовж ряду дерев на відстані 1-1,5 м від штамбу. М.І. Ромащенко та В.М. Корюненко [8] рекомендують визначати вологість ґрунту на відстані 30-40 см від штамбу дерева. С.В. Рябков [10] вважає, що найкраще вологість ґрунту характеризує точка на відстані 25-30 см від штамбу дерева. Однак вони не вказують розташування точки відбору зразків по відношенню до лінії ряду дерев і крапельниці. За нашими спостереженнями, в садах інтенсивного типу з високою щільністю дерев, зважаючи на характер розподілу води у ґрунті при крапельному зрошенні, визначення вологості ґрунту необхідно проводити на відстані 25-30 см від штамбу дерева у лінії ряду і за 15 - 20 см від крапельниці.

Для зменшення трудомісткості при визначенні вологозабезпечення яблуні цікавим є встановлення залежності між середньою вологістю певного шару ґрунту і вологістю окремих шарів. Опрацювання даних досліджень за допомогою регресійного аналізу показало, що між середньою вологістю 0-40 см шару ґрунту і вологістю окремих шарів існує тісна лінійна залежність (табл.). З глибиною вона збільшувалась. Найбільш істотний зв'язок виявився між середньою вологістю 0 - 40 см шару ґрунту і вологістю ґрунту у шарі 20-30 см ($r = 0,96 \pm 0,03$). З глибини 30-40 см зазначена залежність зменшувалась ($r = 0,85 \pm 0,06$). Застосування логарифмічної, степеневі, експоненціальної чи поліноміальної залежностей тісноти зв'язку значно не покращувало. Така закономірність дає змогу

отримувати середню вологість 0-40 см шару ґрунту із застосуванням рівняння регресії $Y = 0,947X + 1,084$ (1), визначивши вологість лише у шарі 20-30 см. Відносна похибка визначення середньої вологості 0-40 см шару ґрунту таким способом становитиме 3,6%.

Таблиця 1. Залежність між середньою вологістю 0-40 см шару ґрунту і вологістю окремих шарів

Шар ґрунту, см	Кількість точок спостережень	Рівняння регресії	$r \pm S_r$
0 - 10	7*1	$Y = 0,692X + 7,966$	0,89 ± 0,05
10 - 20	71	$Y = 0,821X + 4,941$	0,93 ± 0,05
20 - 30	71	$Y = 0,947X + 1,084$	0,96 ± 0,03
30 - 40	71	$Y = 0,916X + 0,674$	0,85 ± 0,06

Примітка: Y - середня вологість 0-40 см ґрунту, % від маси сухого ґрунту; X - вологість ґрунту у шарі 20-30 см.

Отже, при визначенні вологозабезпеченості інтенсивних яблуневих садів на підщепі М. 9 зі схемою садіння 4x1 м, які зрошуються крапельним способом з водовипусками через 0,5 м, на чорноземах опідзолених малогумусних важкосуглинкових, з урахуванням зони найбільш інтенсивної витрати ґрунтової вологи і розташування та розмірів контурів штучного зволоження, відбирати зразки ґрунту чи встановлювати тензіометри необхідно на відстані 25-30 см від штамбу дерева у напрямі ряду дерев і на відстані 15-20 см від крапельниці. Для визначення середньої вологості 0-40 см ґрунту із застосуванням рівняння регресії (1) найбільш репрезентативним є шар ґрунту 20-30 см. На цій глибині необхідно встановлювати тензіометри чи відбирати зразки ґрунту при застосуванні термостатного вагового методу, що значно зменшує трудомісткість. Відносна похибка визначення середньої вологості 0-40 см шару ґрунту таким способом становить 3,6 %.

Список літератури

1. Безлюк Б.В. Рост и урожайность плодоносящих деревьев яблони в зависимости от контура увлажнения корнеобитаемого слоя при капельном орошении // Тези доп. наук.-пр. конф. Придністровської доел. станц. Інституту садівництва „Інтенсивні технології у садівництві Наддністрянщини та Передкарпаття України”. - Чернівці, 1995. - С. 80 - 82.
2. Бутылкина М.А., Умарова А.Б., Фехердинова О.Н. Изменение свойств чернозема южного Крыма под влиянием капельного орошения садовых насаждений // Оптимизация экологических условий в садоводстве : Сб. науч. тр. Никитского ботанического сада. - Ялта: ДНБС УААН, 2004. - С. 23-24.

3. Водяницкий В.И., Расторгуев А.Б., Позднякова Т.П. Режим капельного полива и урожайность яблони // Садоводство и виноградарство, 2002. - №2. - С. 8-9.

4. Жовтоног О.І. Планування адаптивного екологічно безпечного зрошення // Вісник аграрної науки. - 1999. - №6. - С. 62 - 63.

5. Марков Ю.А. Программа и методика исследований по орошению плодовых и ягодных культур. - Мичуринск, 1985. - С. 43 - 51.

6. Омельченко І.К. Основи створення і продуктивного використання інтенсивних типів насаджень яблуні в Лісостепу України: Автореферат дис... д-ра с.-г. наук: 06.01.07 / Національний аграрний ун-т. - К., 1999. - 38 с.

7. Пермякова С.Ю. Продуктивність яблуні в інтенсивному саду короткого циклу використання залежно від систем утримання ґрунту та удобрення: Автореферат дис... к. с.-г. наук: 06.01.07 / Уманська с.-г. академ. - Умань. 2000. - 18 с.

8. Ромащенко М.И., Корюненко В.Н. Оперативное определение сроков и норм капельного полива высокоинтенсивных садов // Капельное орошение садов и виноградников на Украине и в Молдавии: Сб науч. тр. УкрНИИГиМ. - К., 1987.-С. 59-65.

9. Ромащенко М.І. Стан і перспективи розвитку крапельного зрошення для інтенсифікації садівництва й овочівництва // Агрогляд. - 2004. - №12(39) - С. 21-23.

10. Рябков С.В. Обгрунтування технології мікрозрошення розсадника та саду мінералізованими водами в умовах півдня Одеської області: Автореферат дис. к. с.-г. наук: 06.01.02 / Ін-т гідротехніки і меліорації. - К., 2005. - 18 с.

11. Сьомаш Д.П. Особливості нагромадження і витрат вологи у плодovому саду // Зрошення плодovого саду. - К.: Урожай, 1968. - С. 38 - 79.

12. Семаш Д.П., Ромащенко М.И., Семаш В.Д. Капельное орошение насаждений яблони интенсивного типа // Капельное орошение садов и виноградников на Украине и в Молдавии: Сб науч. тр. УкрНИИГиМ. - К., 1987.-С. 14-21.

13. Сторчоус В.Н., Недвига В.С. Оптимизация водного режима почвы при различных способах полива сада с близким залеганием грунтовых вод // Оптимизация экологических условий в садоводстве : Сб. науч. тр. Никитского ботанического сада. - Ялта: ДНБС УААН, 2004. - С. 99 - 101.

14. Флюрцэ И.С. Орошение яблони в садах интенсивного типа // Орошение плодовых культур. - Кишинев: К. М., 1981. - С. 97 - 116.

Освещены вопросы места и глубины установления тензиометров или отбора образцов почвы в интенсивных яблоневых садах, орошаемых капельным способом, с учетом зоны наиболее интенсивного потребления влаги и особенностей распределения поливной воды в почве, что значительно уменьшает трудоемкость определения влагообеспеченности таких садов.

The questions of place and depth of placing tensiometers or taking soil samples in intensive apple-orchards grown with drop irrigation, taking into account the zone of the most intensive water consumption and features of distribution of irrigation water in soil are considered; this approach considerably reduces laboriousness of determining water provision of such orchards.