

高等学校教学用书

土壤改良习题和实验

A. H. 考斯加可夫主编

C. Ф. 阿維里揚諾夫, A. Д. 布魯達斯托夫
A. H. 考斯加可夫, H. Д. 柯列門涅茨基 編
T. H. 波列奧布拉仁斯基, A. B. 斯密爾諾夫
H. H. 司徒魯考夫, A. A. 契爾卡索夫

高等教育出版社

高等學校教學用書



土壤改良習題和實驗

A. H. 考斯加可夫主編

C. Ф. 阿維里揚諾夫, A. Д. 布魯達斯托夫
A. H. 考斯加可夫, H. Д. 柯列門涅茨基
T. H. 波列奧布拉仁斯基, A. B. 斯密爾諾夫
H. И. 司徒魯考夫, A. A. 契爾卡索夫

編

武漢水利學院水利土壤改良教研組譯

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國立集體農莊及國營農場書籍出版社 (Государственное издательство колхозной и совхозной литературы) 1940 年在莫斯科出版 А. Н. 考斯加可夫院士 (Акад. А. Н. Костяков) 主編, 阿維里揚諾夫 (С. Ф. Аверьянов)、布魯達斯托夫 (А. Д. Брудастов)、考斯加可夫 (А. Н. Костяков)、柯列門涅茨基 (Н. Д. Кременецкий)、波列奧布拉仁斯基 (Т. Н. Преображенский)、斯密爾諾夫 (А. В. Смирнов)、司徒魯考夫 (Н. И. Струков)、契爾卡索夫 (А. А. Черкасов) 等編的“土壤改良習題和實驗” (Пособие для упражнений и лабораторных занятий по мелиорации) 一書譯出。原書經蘇聯農業人民委員部高等教育及中等技術教育管理局審定為水利土壤改良學院教學參考書。由於原書出版年代較久, 故使用時, 習題部分應根據蘇聯最新的科學和技術成就加以補充和修正, 實驗部分則應根據目前教學大綱的規定加以取捨。

本書由武漢水利學院水利土壤改良教研組譯出。

土壤改良習題和實驗

А. Н. 考斯加可夫主編

武漢水利學院水利土壤改良教研組譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 623 (與 461) 開本 850×1168 1/16 印張 13 3/16 插頁 1=2 字數 303,000

一九五六年三月上海第一版

一九五六年三月上海第一次印刷

印數 1—2,800

定價 (8) 2.04

目 錄

序	5
---------	---

第一部份 土壤改良習題

習題一：定期澆灌農作物灌水技術因素及灌水田塊的計算	7
習題二：定期澆灌作物的灌水定額、灌水日期及灌水次數之確定	13
習題三：供水率圖表的繪製	26
習題四：以社會主義農業要求為依據的灌溉網之佈置及渠道計算	32
習題五：人工降雨	48
習題六：灌溉地上深溝排水網的設計	66
習題七：幹渠的設計及河流取水建築的佈置設計	70
習題八：地方逕流灌溉的設計	84
習題九：揚水灌溉設計	103
習題十：設計逕流率的確定及渠道的水力計算	128
習題十一：水份過剩耕地的排水	132
習題十二：黏重耕作土壤的排水	142
習題十三：作草地和牧場用的沼澤地之排水	146
習題十四：河流——容洩區的治理	157
習題十五：利用水壓開採法開採泥炭時的沼澤地排水	181

第二部份 土壤改良實驗

實驗一：用以確定灌水定額的土壤貯水量之測定	194
實驗二：土壤吸水速度的測定	200
實驗三：畦灌法和溝灌法灌水技術的研究	202
實驗四：土壤滲透係數的測定	205
實驗五：懸移質含沙量和河床臨界淤積流速的測定	209
實驗六：河床冲刷臨界流速的確定	212
實驗七：滲潤曲線、水份滲入渠道和排水溝的研究	214
實驗八：水稻灌溉和鹽化土沖洗時滲漏水的運動	223
實驗九：水庫和渠道防滲護面效果的測定	225

實驗十：分流時泥沙向旁側引水渠的流入與匯流時泥沙的沉積	226
實驗十一：河床調整對容洩區輸水能力的影響之研究	229
實驗十二：土壤天然坡度角的確定	231
附錄一：在需水量可變的情況下水庫容積的計算	232
附錄二：用電比法研究滲漏	234

序

水利土壤改良學院土壤改良課程教學大綱，除規定講課外，尚需完成土壤改良方面的課程設計和實驗、進行生產實習以及這門課程的專題研究——完成畢業設計。在我國文獻當中，關於土壤改良課程的理論部份已經出版了一些符合這門課程的任務與教學大綱的教學參考書。但在土壤改良的課程習題、設計以及實驗方面，到目前為止，學生仍不能獲得參考書籍，這樣就大大增加了他們學習的困難，特別是教學計劃所分配的這一方面時間又是很少的情況下。

本書即係補足這一缺陷的初次嘗試，由莫斯科水利土壤改良學院土壤改良研究室的科學工作者們集體編寫而成。

本書研究的問題性質和範圍以及研究的深度和詳盡程度，均以課程設計和實驗大綱及教學計劃所規定的時間為根據。故在本書內，很多問題只是扼要地加以研究。

本參考書不能用作畢業設計，尤其不能用作生產設計或勘測的指南。

本書首先是為了滿足教學目的，用來供作學生完成土壤改良課程習題和實驗室作業的參考書。我們希望：本書的出版能有利於提高教學工作質量及減輕學生研究土壤改良課程時的工作負擔。

編寫本書時，我們遵循着蘇聯政府領袖維·米·莫洛托夫同志在高等學校工作者代表大會上所作的關於“編寫高等學校教科書工作的重要性”的指示。

顯然，作為初次試驗的這本參考書，是不會沒有缺點的。我們希望：能通過教學上的使用，將本書存在的缺點揭露出來。編寫本書的全體同志和出版社，將對這些缺點的指出致以深厚的謝意。

本書包括兩部份：(1)完成課程習題的參考部份，(2)進行實驗的參考部份。每一部份的題目均各包括學生應在土壤改良方面加以研究的最重要的問題。由於教學計劃規定的時間有限，因此不能用習題的方式將本課程內的一切問題包羅在內。習題最主要的目的在於使學生了解解決土壤改良問題的基本方法。

每個學生應做完灌溉與排水方面習題的數目和性質，應依照教學計劃及課程大綱決定之。

編寫本書各章節的作者如下：

習題 1、2、3、4——H. Д. 柯列門涅茨基副教授。

習題 5——A. H. 考斯加可夫院士。

習題 6——科學技術碩士 T. H. 波列奧布拉仁斯基。

習題 7、8、9——H. H. 斯徒魯考夫副教授。

習題 10——B. H. 布魯達斯托夫工程師。

習題 11——科學技術碩士 C. Ф. 阿維里揚諾夫。

習題 12、13——A. Д. 布魯達斯托夫教授及 A. B. 斯密爾諾夫工程師。

習題 14——A. Д. 布魯達斯托夫教授及 C. Ф. 阿維里揚諾夫。

習題 15——Л. A. 柯力維利斯基工程師。

土壤改良實驗——A. A. 契爾卡索夫教授。

全部工作是在 A. H. 考斯加可夫院士的領導與主持下完成的。

第一部份 土壤改良習題

習題一：定期澆灌農作物灌水技術因素 及灌水田塊的計算

1. 無退水畦灌的灌水技術因素的計算

決定灌水技術的基本條件及特徵。輪作制——小麥苜蓿輪作制。灌溉輪作制主要作物——春小麥。此外，輪作制中尚包括苜蓿和甜菜。用拖拉機進行耕作。用曳引播種機進行春小麥窄行播種。用割捆機和聯合收割機進行春小麥收割。土壤為暗栗色的非鹽鹼化壤土。

春小麥設計灌水定額 $m_0 = 800$ 公方/公頃 $= 0.08$ 公尺水層。

灌水時水滲入土壤的速度用下列方程式來計算：

$$K_1 = \frac{K_1}{t^\alpha} \text{ 公尺/小時}; K_{\text{平均}} = \frac{K_1}{(1-\alpha)t^\alpha} \text{ 公尺/小時}; K_0 = \frac{K_1}{1-\alpha} \text{ 公尺/小時},$$

式中 $K_1 = 0.04$ 公尺/小時; $\alpha = 0.5$; $K_0 = 0.08$ 公尺/小時。

在 t 時間內滲入土壤內的水層厚度用下式計算：

$$W_{(t)} = K_{\text{平均}} \cdot t \text{ 公尺}。$$

按此式繪成的、適合本例中土壤的曲線如圖 1 所示。地面地勢平坦。地面坡度與等高線正交：

$$I = 0.0049。$$

對小麥和苜蓿來說，在上列條件下，我們便採用無退水的畦灌法。因為在灌水田塊上使用此種灌水方法，比使用有退水的灌水方法更能提高水的利用率。

無退水的畦灌法灌水技術的基本因素，依據下列各關係式彼此聯繫起來：

$$m_0 \cdot l = q \cdot t_{(x)} \text{ 公方}; \quad (1)$$

$$m_0 = K_{\text{平均}} \cdot t_{(x)} = K_0 t_{(x)}^{1-\alpha} \text{ 公尺}; \quad (2)$$

$$m_0 l = m_0 \cdot x + h \cdot x \left(\alpha - \frac{1}{3} \right) \text{ 公方}; \quad (3)$$

$$n = \frac{l}{x} = 1 + \frac{h}{m_0} \left(\alpha - \frac{1}{3} \right); \quad (4)$$

$$q = \frac{n \cdot K_0 \cdot x}{t^\alpha} \text{ 公方/秒}; \quad (5)$$

(7)

$$h = \sqrt{\frac{q}{C}} \text{ 公尺}; \quad (6)$$

$$V = C \cdot h \text{ 公尺/秒。} \quad (7)$$

式中 $t_{(x)}$ 為時間, 以小時計; 在該時間內畦首一公尺寬地帶內水流流量為 q 公方/秒; 沿畦流經長度為 x 公尺; n 為係數, 大於 1; m_0 為灌水定額 (在 $t_{(x)}$ 時內的), m_0 以水層的公尺數表示之; $K_0, K_{\text{平均}}, K_1$ 的數值見前; h 為畦首部份水層厚, 以公尺計; C 為自 $15\sqrt{I}$ 至 $40\sqrt{I}$, 根據畦田表面糙率而定; V 為畦首水流流速, 以公尺/秒計。

當進行無退水的澆灌時, 設計灌水定額便等於灌入定額, 因而採用:

$$C = 28\sqrt{I} = 28\sqrt{0.0049} = \approx 2.0。$$

根據經驗和實踐, 可用作設計條件的灌水流量 q 為 0.003 至 0.005 公方/秒。

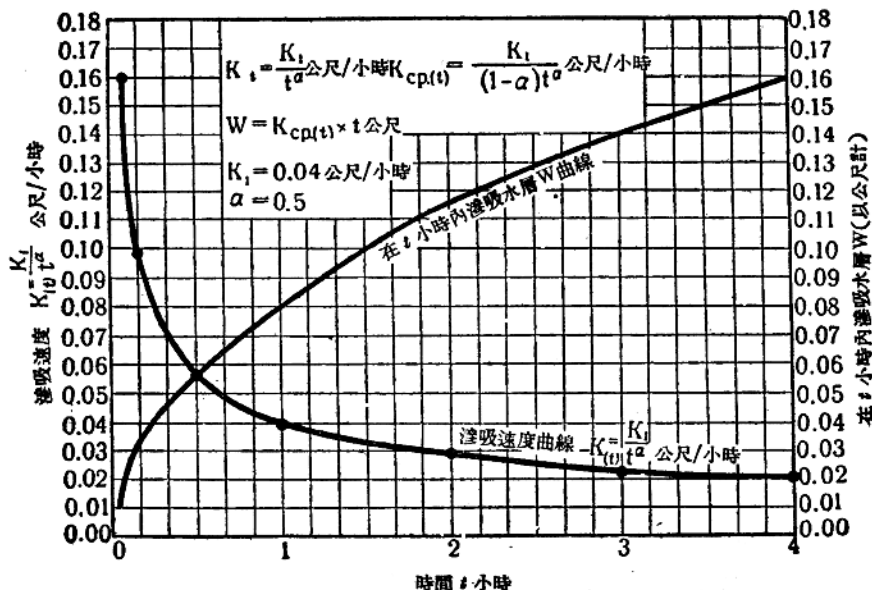


圖 1. 土壤滲吸曲線。

畦田長度可採用 100 至 300 公尺。

選擇水流大小及畦田長度的尺寸時, 使用下列方法:

由方程式

$$m_0 = K_0 t_{(x)}^{1-a}$$

求得:

$$t_{(x)} = \frac{1-a}{\sqrt{K_0}} \sqrt{m_0} = \frac{1-a}{\sqrt{0.08}} \sqrt{0.08} = 1 \text{ 小時。}$$

運用已求得的 $t_{(x)}$ 值, 按方程式 $m_0 \cdot l = q \cdot t_{(x)}$, 在經驗和實踐所規定的範圍內, 進行 q 和 l

相應數值的選擇。

已知的單位流量為

$$q = 0.004 \text{ 公方/秒} = 14.4 \text{ 公方/小時},$$

求得：

$$l = \frac{14.4 \times 1}{0.08} = 180 \text{ 公尺}。$$

接着計算 $q = 0.004$ 公方/秒時畦首水層的厚度：

$$h = \sqrt{\frac{q}{C}} = \sqrt{\frac{0.004}{2}} = \approx 0.045 \text{ 公尺}。$$

然後從方程式(3)求出 $t_{(x)}$ 時內灌入水流的推進長度 x ：

$$x = \frac{m_0 l}{m_0 + h \left(\alpha - \frac{1}{3} \right)} = \frac{0.08 \times 180}{0.08 + 0.045(0.5 - 0.33)} = \frac{14.4}{0.088} = \approx 164 \text{ 公尺}。$$

確定 $t_{(x)}$ 、 h 、 l 和 x 之後，再求係數 n 的數值：

$$n = \frac{l}{x} = \frac{180}{164} = \approx 1.1。$$

將 n 值代入計算 q 的公式內，則：

$$q = \frac{n \cdot K_0 \cdot x}{t_{(x)}^\alpha} = \frac{1.1 \times 0.08 \times 164}{1^{0.5}} = 14.4 \text{ 公方/小時}。$$

也就是說，與原先採用的值相同：

$$V = C \cdot h = 2 \times 0.045 = 0.09 \text{ 公尺/秒}。$$

求得的流速小於冲刷流速。長度 l 的末端築有能維持第三個關係式的土壤。利用上述七種關係，也可以解決灌水技術計算方面的其他問題。

灌水時間，可按滲吸累積曲線求得。為此，必須求得滲吸層 $W_t = m_0$ 的相應時間。畦田寬度 b 的大小取決於畦面平整工作的精細程度、灌水水流的大小和坡度。畦寬應與播種機佔地寬度成比例。通常採用畦田寬度的範圍為 4 至 8 公尺。

在允許範圍內，改變灌水水流 q 的大小，即可求得畦田的其他各種長度，因為

$$l = \frac{q \cdot t_{(x)}}{m_0}。$$

2. 採用無退水畦灌法時灌水田塊因素的計算

灌水田塊長度的採用範圍為 500—1500 公尺。田塊和畦田的長度應為整數。在單面控制灌溉渠的情況下，田塊寬度的採用範圍為 100 至 200 公尺。

按與地面等高線的關係來說，灌水田塊有兩種佈置方式：方式 I (圖 2)——田塊的佈置以長邊垂直於等高線；方式 II (圖 3)——田塊佈置以長邊與等高線成一較小的銳角。

田塊灌溉渠的流量按下式計算：

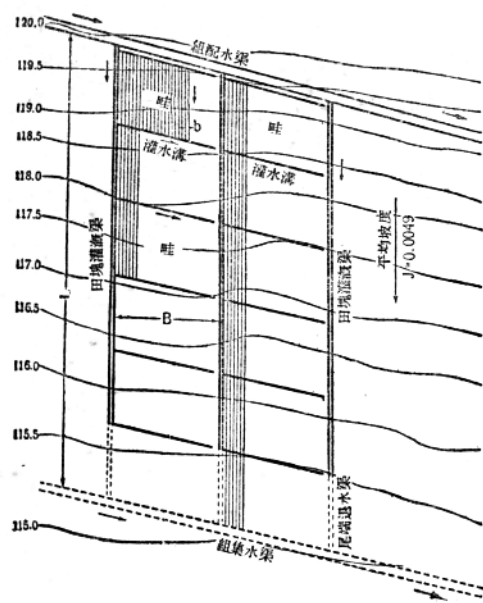


圖2. 春小麥和苜蓿無退水畦灌的灌水田塊——示意圖I。
在田塊整個長度上,便佈置了六行 180 公尺長的畦田。計算田塊長度和寬度時並未計入其他佔地。因此,

$$\frac{L \cdot B}{10000} = \omega \text{ 公頃(淨)}。$$

令田塊灌水時間 t 等於 1.5 晝夜。

田塊灌溉渠的流量:

$$Q_{\text{田,灌}} = \frac{m \cdot \omega}{t \cdot 86400} = \frac{800 \times 1080 \times 150}{10000 \times 1.5 \times 86400} = 0.100 \text{ 公方/秒}。$$

令畦寬 b 等於 4.2 公尺,結果每一畦田上灌水流量等於:

$$0.004 \times 4.2 = 0.0168 \text{ 公方/秒}。$$

假設每一灌水溝同時澆灌兩個畦田。那末灌水溝的流量便等於:

$$Q_{\text{灌,溝}} = 0.004 \times 4.2 \times 2 = 0.0336 \text{ 公方/秒}。$$

在一條田塊灌溉渠轄下,同時使用的灌水溝數目等於:

$$N = \frac{Q_{\text{田,灌}}}{Q_{\text{灌,溝}}} = \frac{0.100}{0.0336} = 3。$$

在灌水田塊上灌水壟溝的總數等於:

$$n = \frac{L}{l} = \frac{1080}{180} = 6。$$

從灌水壟溝總數和同時使用的灌水壟溝數目的比較中可知,在一條田塊灌溉渠上灌水

$$Q_{\text{田,灌}} = \frac{m \cdot \omega}{t \cdot 86400} \text{ 公方/秒},$$

式中 m —設計灌水定額,以公方/公頃計;
 ω —田塊淨面積,以公頃計; t —田塊灌水時間,以晝夜計。

灌水溝或配水壟溝的流量:

$$Q_{\text{灌,溝}} = q \cdot b \cdot N \text{ 公方/秒},$$

式中 q —每公尺畦寬的流量,以公方/秒計;
 b —畦寬,以公尺計; N —由某一灌水溝同時灌水的畦田數目。

灌水溝流量不應超過 0.04 公方/秒,這是爲了使壟溝不致太大,能讓拖拉機通過。田塊灌溉渠的流量應爲灌水溝流量的整倍數。

就本例而言,採取田塊長度 $L=1080$

公尺,田塊寬度 $B=150$ 公尺。由此可知,

壟溝的工作,必須輪序(輪灌制)進行。

因此在一個田塊灌溉渠上的輪灌制,為二次輪灌制:

$$\left(\frac{n}{N} = \frac{6}{3} = 2\right),$$

即每一次只使用六條灌水壟溝中的三條。

在灌水壟溝上也要規定輪灌,因為同時灌水的畦田數目等於 2,而一條灌水壟溝上畦田的總數又等於田塊寬度與畦寬的比值,即:

$$\frac{B}{b} = \frac{150}{4.2} \approx 36.$$

由此可知,在一條灌水壟溝上必須規定十八次輪灌:

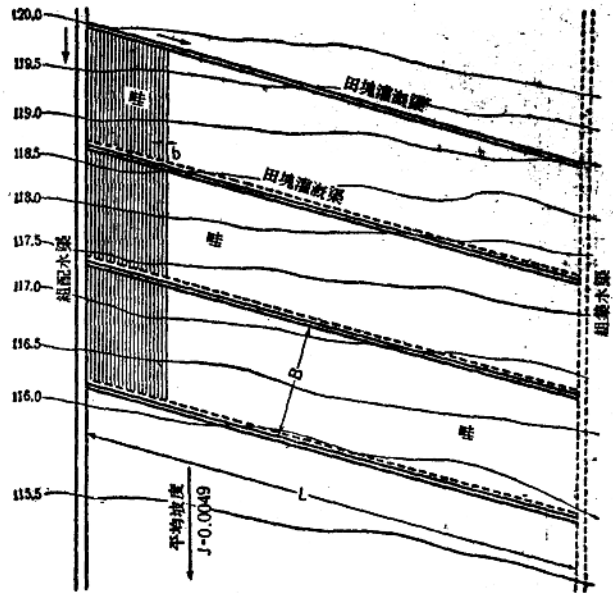


圖 3. 春小麥和苜蓿無退水畦灌的灌水田塊——示意圖 II。

$$\left(\frac{36}{2} = 18\right).$$

田塊灌水時間等於:

$$\frac{6 \times 36 \times 1}{3 \times 2} = 36 \text{ 小時}.$$

如果直接自田塊灌溉渠放水入畦,那末可以不用灌水壟溝(如圖解 II 所示)。

3. 採用無退水的深溝灌法時,灌水技術因素的計算

決定灌水技術的基本條件和特徵。輪作制為棉花苜蓿輪作制。輪作的主要作物為棉花。用曳引播種機進行寬行播種。用拖拉機進行耕作。棉株行間開溝和中耕,都用拖拉機進行。設計灌水定額 $m_0 = 700$ 公方/公頃 $= 0.07$ 公尺。土壤為中等厚度的未鹽鹼化灰鈣土。水滲入土壤的速度按下式計算之:

$$K_t = \frac{K_1}{t_{(x)}^{\alpha}} \text{ 公尺/小時}; K_{平均} = \frac{K_1}{(1-\alpha)t_{(x)}^{\alpha}} = \frac{K_0}{t_{(x)}^{\alpha}} \text{ 公尺/小時},$$

式中

$$K_1 = 0.04 \text{ 公尺/小時}, \alpha = 0.5.$$

地面地形平坦,沒有忽高忽低的現象。地面坡度與等高線正交, $I = 0.005$ 。壟溝間距等於棉株行間的寬度 $a = 0.7$ 公尺。

對上列條件而言,可以採取:(1)無退水深溝灌法。在這種情形下,壟溝應與等高線成

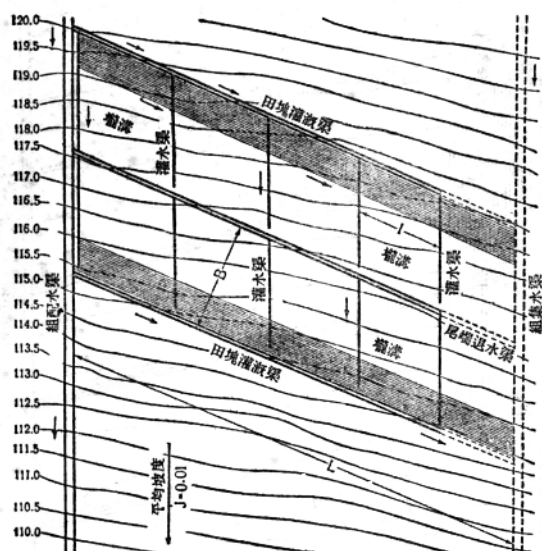


圖4. 寬行作物無退水深溝灌的灌水田塊——示意圖I。

銳角,沿壟溝的坡度小於0.005;(2)有退水的溝灌法。在這種情況下,壟溝必須與等高線正交,即坡度為0.005。

在計算上,我們把無退水的溝灌法看作用在平坦地形上比較好的方法。因此,壟溝與等高線成銳角,其坡度 $I=0.0025$ 。係數 $C=40\sqrt{I}=40\times 0.05=2.0$ 。

令壟溝全長等於 $l=175$ 公尺。壟溝尺寸規定如下:深為0.2公尺,底寬 $b_0=0.1$ 公尺,壟溝邊坡 $\varphi=1.5$,壟溝首端水深 $h=0.07$ 公尺。

無退水的溝灌法灌水技術基本因素,藉下列關係相互聯繫起來:

$$m_0 \cdot l \cdot a = q \cdot t_{(x)} \text{ 公方; } \quad (1)$$

$$q \cdot t_{(x)} = m_0 \cdot a \cdot x + h \cdot \beta \cdot x \left(\alpha - \frac{1}{4} \right) \text{ 公方; } \quad (2)$$

$$m_0 = \frac{\beta}{a} \cdot K_0 \cdot t_{(x)}^{1-\alpha} \text{ 公尺; } \quad (3)$$

$$x = \frac{q \cdot t_{(x)}^\alpha}{\beta \cdot n \cdot K_0} \text{ 公尺; } \quad (4)$$

$$n = \frac{l}{x} = 1 + \frac{h}{m_0} \left(\alpha - \frac{1}{4} \right) \frac{\beta}{a}; \quad (5)$$

$$\beta = b_0 + \frac{4}{3} \gamma \cdot h \cdot \sqrt{1 + \varphi^2} \text{ 公尺; } \quad (6)$$

$$V = 0.6 \cdot C \cdot h \text{ 公尺/秒; } \quad (7)$$

$$q = (b_0 + \varphi \cdot h) \cdot h \cdot V \text{ 公方/秒。 } \quad (8)$$

當 $C=2.0$, $h=0.07$ 公尺時,流速 $V=0.6 \times 2.0 \times 0.07=0.08$ 公尺/秒; $q=(0.10 + 1.5 \times 0.07) \times 0.07 \times 0.08=0.0011$ 公方/秒 $=1.1$ 公升/秒 $=3.96 \approx 4.0$ 公方/小時; $\beta=0.10 + \frac{4}{3} \times 2.5 \times 0.07 \times 1.8=0.42$ 公尺。

用方程式(3)計算 $t_{(x)}$:

$$0.07 = \frac{0.42}{0.70} \times 0.08 \cdot t_{(x)}^{0.5},$$

因此

$$t_{(x)} = 2.15 \text{ 小時。}$$

由方程式(1)求得

$$q = \frac{0.07 \times 0.7 \times 175}{2.15} \cong 4.0 \text{ 公方/小時,}$$

根據上式的計算結果,便可求得:

$$x = \frac{4 \times 2.15}{0.07 \times 0.7 + 0.42 \times 0.07 \times 0.25} = \frac{8.60}{0.057} = 151 \text{ 公尺;}$$

$$n = \frac{l}{x} = \frac{175}{151} = 1.16.$$

根據公式(4),

$$x = \frac{4 \times 2.15^{0.5}}{0.42 \times 1.16 \times 0.08} = 151 \text{ 公尺,}$$

這與上面按條件(2)所求得的结果相同。

這樣看來,在用無退水的溝灌法和壟溝長度為 175 公尺時,當水已流達 151 公尺亦即灌完 2.15 小時之後,便應停止往壟溝送水。

棉花溝灌的灌水田塊佈置方式如圖 4 和圖 5 所示。

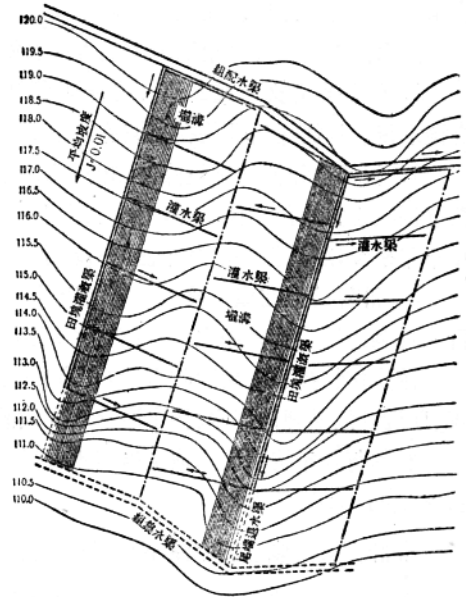


圖 5. 寬行作物有退水渠溝灌的灌水田塊——示意圖 II。

習題二：定期澆灌作物的灌水定額、灌水日期及灌水次數之確定

1. 灌溉定額

灌溉定額(生育期定額)按下式計算之:

$$M_{\text{淨}} = EY - 10\alpha_2 P_2 - W_0 + W_2,$$

式中 E —設計需水係數,以取得 1 噸作物產量亦即 1 噸穀物、原棉等所需水量的公方數計之; Y —穀物原棉等設計產量,以噸計; P_2 —在作物設計生育期內(自播種至收割或至設計日期)的降水量,以公厘計; α_2 —生育期降水的利用係數,這數是通過對設計年度內降水量的分析而求得的; W_0 —播種前在土壤設計活動層 H 內的貯水量,以公方/公頃計; W_2 —在收割(或設計日期)之後,同一活動層 H 內的貯水量,以公方/公頃計; $M_{\text{淨}}$ —該種作物全生育期內的淨灌溉定額。

對計劃輪作中的一切作物來講,其灌溉定額的計算均以中旱年為標準。對中等、中濕、最濕、最早的年份來說,計算灌溉定額時應以這些年份的溫度、降水、蒸發與設計中旱年的溫

度、降水、蒸發的比較為依據。計算灌溉定額時，應以設計要求的高額穩定產量為準。

需水係數的數值可用三種方法求得：

1. 依靠參考文獻或其他一些資料（這些資料說明在何種條件下能求得該需水係數）而直接求得。只能採用那些在相似條件下所求得的係數。

2. 根據在相似的產量條件和營養狀況條件下所求得的葉面蒸發係數來計算。由葉面蒸發係數換算成需水係數時，必須加進土壤蒸發耗水量的修正值。如果是設計產量，那末就中早年來說，就應根據水分平衡的資料進行校正。土壤蒸發量約為葉面蒸發量的30—50%。

3. 計算時以在產量接近或等於設計產量的條件下所求得的灌溉定額為依據，同時必須計及可利用的生育期降水，和可利用的土壤貯水量。

確定作物播種前設計貯水量(W_0)的依據，是設計年的條件、設計年之前一年秋季的情況、所設計的播種前灌水、持水灌水和洗碱灌水以及積雪蓄水的農業技術措施。

在進行秋季持水灌水或洗碱灌水及播種前灌水的情況下，可令 W_0 約等於計劃層極限持水量的0.80—1.00。

令計劃層內剩餘貯水量不小到等於計劃層最大吸着水量的 $\frac{3}{4}$ 或 $\frac{1}{2}$ 。

如果不進行持水灌水、洗碱灌水和播種前灌水，則播種前的貯水量應在試驗資料、詳細分析天然降水和一切農業技術措施的基礎上計算之。

2. 作物的灌水定額

計算作物灌水定額所依據的條件，應是灌水後土壤活動層內達到接近極限持水量的狀態。因此灌水定額(淨)的計算可按下式進行：

$$m_{\text{淨}} = A \cdot H (\beta_{\text{最大}} - \beta_0) \text{ 公方/公頃,} \quad (a)$$

$$m_{\text{淨}} \leq W_{\text{最大}} - W_{\text{最小}}, \quad (b)$$

式中 H —該次灌水時土壤活動層的厚度，以公尺計； $\beta_{\text{最大}}$ —灌水後土層 H 內的最大含水量，以計劃層空隙度的百分數計； β_0 —灌水前土層 H 內土壤含水量，以空隙度的百分數計； $W_{\text{最大}}$ 及 $W_{\text{最小}}$ —計劃層內最大和最小貯水量。

各種深度的土壤計劃活動層最大持水量的計算，應在研究土壤水分特性的基礎上進行。

灌水前土層 H 內的剩餘貯水量(β_0 百分數)，應根據試驗資料計算之。

灌水前土壤的剩餘貯水量應接近最適值，對重土壤來說，應不低於空隙度的40—45%，對中等土壤來說，應不低於空隙度的35—40%。

計算灌水定額時，計劃層 H 基本上是根據土壤根系活動層的改變而改變。

3. 葉面蒸發和土壤蒸發晝夜耗水量的變化曲線

欲計算作物的灌水定額和灌水時期，應該繪製作物生育期內葉面蒸發和土壤蒸發耗水

量的變化曲線。

這些曲線，要針對每種計劃作物、針對中早年的條件繪製之。為達到這一目的，首先必須收集田間直接試驗和在生育試驗中所獲得之晝夜耗水量的資料，並且必須標明在何種條件下獲得這些資料。這些條件就是：生育期的特性、農業技術、肥料、產量、計算方法等。然後必須繪製植物綠質累積過程曲線及中早年溫度和蒸發量變化過程曲線。

分析所得的資料後，必須繪製葉面蒸發和土壤蒸發晝夜耗水量的設計曲線，這些曲線必須符合中早年、計劃產量、計劃輪作制及農業技術的條件。同時還可以利用威廉士院士論述各種植物需水量的資料（‘普通耕作學及土壤學原理’，1938年，莫斯科版）。

必須將晝夜耗水量設計曲線繪成兩種形式：分佈曲線及累積曲線。

4. 持水灌水、播種前灌水及生育期前洗碱灌水

生育期前洗碱灌水的必要性及其次數、洗碱定額之大小及洗碱灌水日期等，均應在計算生育期灌水定額之前決定之。有沒有必要進行持水灌水或播種前灌水，應根據現有資料及詳細分析前茬作物收割後至設計作物播種前這一段時期內的天然水分狀況作出決定。

5. 確定作物生育期灌水日期及灌水次數的方法

灌水日期及次數，用平衡計算圖解分析法（考斯加可夫院士的方法）來確定。現將本法的平衡計算表及圖線的類型分別列舉如下。

春小麥、甜菜及棉花灌水日期及灌水定額計算例題

春小麥中早年灌水日期及灌溉定額的計算（古比雪夫省）

土壤：厚的和中等厚度的普通黑鈣土和中壤土。

1. 穀物產量（中早年者）： $Y=3.5$ 噸/公頃。能保證高產穩定產量的農業技術及肥料。

2. 需水係數： $E=1150$ 公方/噸。

3. 總需水量（葉面蒸發+土壤蒸發）：

$$E \cdot Y = 1150 \times 3.5 = 4025 \text{ 公方/公頃，或整化成 } 4000 \text{ 公方/公頃。}$$

4. 生育期降水量：（在中早年的條件下），以公方/公頃計，當 $\alpha_2=1$ 時即：

設計年度	四 月			五 月			六 月			七 月			總 計
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
1908	—	—	30	80	140	100	40	160	40	100	80	—	770

註：在春季生育期內 1908 年最接近於中早年。

5. 播種：4月15日。設計需水時期的長短：

$T=105$ 晝夜——自4月16日至7月29日。

6. 土壤層 H 的深度，以公尺計：

四 月			五 月			六 月			七 月		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	0.25	0.25	0.25	0.25	0.35	0.50	0.60	0.70	0.75	0.80	0.80

註： H 層深度為旬末深度。

7. 土壤層的空隙度，以百分數和公方/公頃計：

H (公尺)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	備 註
%和公方/公頃								
% 公方/公頃	$\frac{56.30}{1126}$	$\frac{56.33}{1691}$	$\frac{56.47}{2159}$	$\frac{56.71}{2838}$	$\frac{56.95}{3417}$	$\frac{56.70}{3969}$	$\frac{52.80}{4230}$	普通黑鈣土，中壤土 (厚的和中等厚度的)

8. 二倍最大吸着水量，以計劃層體積百分數和公方/公頃計：

H (公尺)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	備 註
兩倍最大吸着水量	$\frac{15.18}{304}$	$\frac{15.30}{459}$	$\frac{15.42}{617}$	$\frac{15.62}{781}$	$\frac{14.82}{889}$	$\frac{15.05}{1054}$	$\frac{14.30}{1146}$	% 公方/公頃

9. 等於最大持水量的計劃層內最大貯水量，以公方/公頃計：

H (公尺)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	備 註
最大貯水量	760	1100	1460	1785	2105	2450	2625	等於極限持水量的 100%

10. 約等於總空隙度 40% 的計劃層內最小貯水量，以公方/公頃計：

H (公尺)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	備 註
最小貯水量	450	675	865	1135	1365	1590	1690	約為總空隙度的 40%

11. 灌水定額的最大極限值，用下式計算之：

$$m_{\text{灌}} \leq W_{\text{最大}} - W_{\text{最小}}$$

$m_{\text{灌}}$ —600 至 900 公方/公頃，若計入灌水田塊內部的損失(約為 5—10%)，則 $m_{\text{灌}}$ 為 650—1000 公方/公頃。

12. 播種前計劃土壤層內貯水量如下：

H (公尺)	0.25	0.3	0.35	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.80
原始貯水量	840	1000	1155	1400	1605	1750	1895	2050	2205	2360

註：約為極限持水量的 90%。