

耕作学参考书

水田耕作的基本原理

泉 清一編

湖南农学院粮油教研組

水田耕作的基本原理

(日) 泉 清一等編
刁 操 銓譯

湖南农学院粮油教研組

1963

緒 言

水田里的耕作一向是用犁、耙进行的，可是最近由于复式犁、刀型蒲鞭、培土机以及驱动型与手扶型耕耘机等农机具的迅速发展和广泛地普及，从而正在形成新的耕作体系。同时从新的栽培技术来说，土壤干燥、培土、深耕以及全层施肥等效果是显著的，现已积极采取耕作措施，使它们的效果能充分地得到发挥。

如果说耕作是对土壤进行机械操作，藉以使作物生育良好与提高产量，那末在水田的耕作，就将是耕地、碎土、耙地、中耕除草与培土等措施。即用耕作来改变土壤的理化性质及生物学的性质，并且这些改变直接影响水稻生育与产量。所以由于耕作方法的不同，水稻生育也必然不一样。

因此为了使用新式农机具，无论在实施合理耕作上，或者是在进行有效的土壤管理上，都必须明确水田耕作的栽培理论，以及与这方面理论相应的作业体系，所以这将是—项重要的研究课题。由于这一课题牵涉到栽培、土壤肥料、农机具等多方面的、不同的专门研究领域，所以有很多地方还不够清楚。可是我们深信作为水稻栽培技术的一个方向，就已有的研究成果，来解释这些问题，将会有利于这一工作的进展。

根据上述意图，关于耕作问题作者和共同研究这一问题的同事们，分别编写以求得到一个解答。即根据以前先辈们研究

的宝贵成果和我们试验的资料,就移栽水稻,来阐述各种水田耕作措施的作用与对水稻产量的影响,同时关于以各种农机具耕作为主的作业体系,来说明其影响水稻特征。当然,由于各个领域今后研究的进展,这些问题将会获得更为确切的解答。

最后对本书出版给予很大协助的农山渔村文化协会、浪江虔以及屈越久甫等致以谢意。

泉 清一 1958年11月

目 录

緒 言

第一章 耕地	(1)
一、引 言	(1)
二、土壤的翻耕	(3)
(一) 剷除杂草与田間清洁	(3)
(二) 肥料与养分的拌和	(7)
三、耕层土壤的破碎与孔隙度及表面积的增加	(18)
(一) 土壤的干燥	(18)
(二) 耕层土壤的破碎——土块的大小	(31)
(三) 提高耙地作业的功效	(40)
四、耕作层的加深——深耕	(41)
(一) 深耕与增产	(41)
(二) 深耕与土壤及水稻的生育	(45)
(三) 深耕与气候及地域性	(48)
五、关于不耕地的研究	(52)
六、耕地机具性能	(58)
(一) 一段耕犁(普通短床犁)	(58)
(二) 复式犁(二段耕犁)	(61)
(三) 洋犁(代犁刀犁)	(63)
(四) 动力耕耘机	(65)
第二章 耙地(碎土)	(70)
一、引 言	(70)
(一) 耙地在水田耕作中的地位	(70)

(二) 耙地的目的	(70)
(三) 耙地的一般体系	(71)
(四) 耙地的作用	(72)
二、耙地与防止漏水	(75)
(一) 水田构造与水田中水的移动	(75)
(二) 垂直漏水的变化经过	(76)
(三) 耙地防止漏水的作用	(78)
(四) 田埂漏水与涂田埂作业	(82)
(五) 小结——防止漏水与水稻产量的关系	(84)
三、耙地与插秧	(84)
(一) 土壤松软度与插秧	(84)
(二) 土壤松软度与耙地的作用	(86)
(三) 土壤的状态与土壤松软度	(88)
(四) 泥浆现象	(89)
(五) 小结——适宜插秧的条件	(93)
四、耙地与施肥	(93)
五、耙地后土壤的化学变化	(97)
六、耙地与水稻产量及其有关问题	(102)
七、各种耙的性能	(105)
(一) 而字耙	(105)
(二) 刀輪型旋轉碎土机	(107)
(三) 动力耕耘机	(108)
(四) 小型拖拉机牵引的蒲滾	(110)
第三章 中耕除草	(112)
一、引 言	(112)
二、中耕除草作业的改进及其存在问题	(112)
三、中耕对土壤与水稻的影响	(114)

(一) 拌动土壤的影响.....	(114)
(二) 中耕对切断水稻根系的影响.....	(124)
(三) 中耕对水稻生育与产量的影响.....	(128)
附：关于用雁爪中耕及手工除草.....	(132)
四、各种中耕除草器的性能.....	(134)
(一) 人力用中耕除草器.....	(134)
(二) 畜力用中耕除草器.....	(136)
(三) 动力用中耕除草器.....	(137)
第四章 培 土.....	(140)
一、引 言.....	(140)
二、培土对水田环境及水稻生育的影响.....	(142)
(一) 对于微区气候的影响.....	(142)
(二) 对土壤的影响.....	(143)
(三) 对水稻根系的影响.....	(144)
(四) 对水稻养分的吸收.....	(147)
(五) 对水稻分蘖的影响.....	(147)
(六) 抽穗期病虫害以及倒伏的变化.....	(148)
(七) 培土后杂草的消长.....	(149)
(八) 培土与耕作及复种的关系.....	(149)
三、培土的增产效果与其他各种条件的关系.....	(150)
(一) 湿田.....	(151)
(二) 秋落水田.....	(152)
(三) 与土壤肥沃度的关系.....	(153)
四、培土机的种类与性能.....	(156)
附录：日本度量衡换算表.....	(160)

水田耕作的基本原理

第一章 耕 地

一、引 言

自古以来就有所謂：“耕耘七次不需肥”以及“耕深一寸得米一石”等說法，來說明耕作与深耕的作用。但是耕耘功效的提高以及建立以深耕为主的技术体系是在耕作机具发达以后。所以我們可通过对耕作农机具发展的回顾来了解耕作方法的历史。

明治以前日本的耕作机具的发展是朝着两个方向。一个是人力用的鋤、鍬，一个是畜力用的犁。前者为适应各地的土质，創造出各式各样的形式。特别是发明三齿鋤，使耕作功效提高，且能适当深耕。至于犁虽功效高使用方便，但需要牵引力大，在长床犁阶段，由于它不能深耕，所以只限于西北地区采用，关东及东北地区用的很少。

其所以如此，大致有如下原因：因为在西南地区是二熟制，农忙期集中，灌溉水又常感不足，所以要求耕地功效高。反之在关东、东北等地，是一熟制地区，灌溉水充足，用三齿鋤能深耕，时间又充分，所以沒有利用畜力的必要。同时在关东，东北地区养馬多，而长床犁要求有牵引力大的役畜，所以这也限制了这种犁的普及。到明治后期，由于松山及其他人的努力，逐渐把从前少数地区使用的无床犁，結合长床犁的优点，

創造出短床犁，从而使耕作技術有了很大的進步。

短床犁極穩定，可深耕，翻轉垡片性能好，所以自這種犁普及後，可以多施肥，結合採用耐肥性強的品種，從而奠定了自大正到昭和年代以多肥及品種改良為主的集約栽培的基礎。使日本稻作技術有了飛躍的發展。自此以後，直到第二次世界大戰後期，發明了複式犁，使利用畜力深耕更為可能，不過對其他耕作技術改進不多。

第二次世界大戰後，工業界發生變化，農機具製造業大為發展，製造出優良的動力耕耘機。這種耕耘機運轉操作容易、功效高，並能用於耙地碎土，所以很快普及。自此以後，運用新耕耘條件的耕作技術開始發展，說這段時期是日本耕作技術上的第二個革命時期，也不為過。對於這一段時期的耕作意義給予新的評價是非常重要的。

關於耕耘的作用，歐美學者有很多看法，概括起來不外乎是防除雜草、掩埋肥料、促進土壤團粒化、保持土壤有良好通氣性以及使水分易於滲透等，但這些土壤物理狀態，畢竟都是以旱地作為對象。

在水田耕作方面，上述的見解就未必適用。因為水稻一般是移栽為主，耕地後要進行耙地碎土，土壤變化很大。而且在水稻生長期間水田土壤經常是浸水的。所以水稻是在與旱作完全不同的土壤條件下生長發育的。也就是說，水田經過整地而改善的土壤通氣性、滲透性等物理性質，再經耙地，團粒被破壞，物理性質顯著變差。以致可以說，耕地的土壤物理性狀反不如完全未耕的好。所以水田耕地的作用是與耙地密切有關的。而且不能把水田耕作的意義局限於土壤物理性質的改善，應從水田耕作的特殊性上來全面加以考慮。

回顧過去日本有關耕地與水稻生育方面的研究成就，主要是限於深耕增產與干土效果的利用這兩個方面。但從動力耕耘機角度來研究，還是近几年的事，而且研究才開始，問題也還沒有解決。同時隨着直播栽培研究的進展，還提出了象不耕地栽培等這樣的問題。對於這些新的，以及尚未解決的問題，今後都應當研究清楚。

二、土壤的翻耕

（一）剷除雜草與田間清潔

翻轉土壤，不僅可掩埋生長的雜草，而且也會將殘茬以及其他地表雜物埋到土下，使田間清潔。通過翻耕，碎土、整地容易。對於二熟制的田，如果不把麥茬埋好，插秧功效就低。翻耕土壤不僅是清潔表土，就是耕層內雜草種子的分布也受到很大影響，一般是會抑制雜草的發生。不過雜草的發生也不是那樣簡單，尚必須從種子垂直分布，發生深度，特別是雜草生存期間的各種條件來考慮。

至於雜草的垂直分布，大致是土壤表層分布的多，越向下越少。而且由於管理不同，分布狀況也有差異，根據竹松及赤座的調查：在果園，象普通旱地耕作一樣比較耕得淺，雜草種子就多分布在表層，在桑園耕作深，雜草種子分布就比較深。但是不是可以說土壤表層的雜草種子通常就是分布多些呢？這也不一定。八柳對稗子發芽數調查的結果，如表一。耙地前不同深度的稗子種子發芽是：表層0—1寸，1—2寸的地方發芽少，2—3寸、3—4寸、4—5寸的地方發芽較多。而在耙地后就不同。由此可知，象稗子這樣生存時間長的種子，由於耕耘及其他管理不同，使雜草種子的垂直分布更復

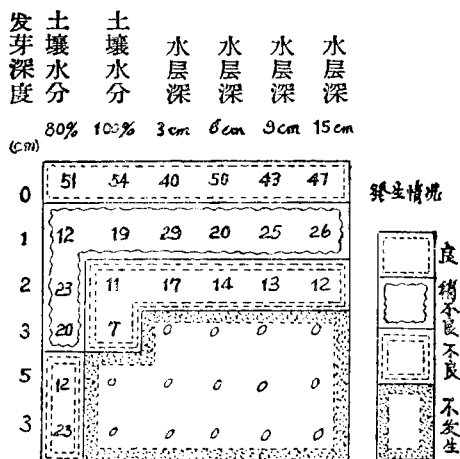
象。

第一表：水田土层中（0.6立方尺）的稗子发芽数（八柳）

采 集 期	采 集 月 日	深 度					
		0—1寸	1—2寸	2—3寸	3—4寸	4—5寸	5—6寸
耙 地 前	5 月 8 日	4.2	4.7	6.0	6.7	5.5	1.0
耙 地 后	6 月 5 日	2.8	4.2	3.0	3.2	2.4	4.6
移 栽 后	6 月 15 日	2.1	3.8	3.8	2.7	5.5	2.2
除 草 后	7 月 29 日	0.6	4.4	4.4	5.4	6.3	3.4

注：5月15日用馬耕地，5月28日用耙碎土，6月1日灌水，6月9日移栽，4月27日用除草器除草，7月24日用手工除草。

第1图 稗子的发生深度与土壤水分（荒井）



注：圈内数字是发芽百分率

另一方面，也知道杂草种子的发芽深度是限于耕土的表层，根据荒井材料，稗子发芽深度是如第一图所示：即在土壤水分100%时，种子能发芽的土壤深度是0—4Cm；水深3Cm时，发芽深度是0—2Cm。根据笠原的实验结果

指出，一般杂草种子最适宜的复土深度为0—0.5厘米，球花蒿草，日照飄挂草，节节草，苘草等在复土1.5Cm时完全不发芽，鴨舌草等复土1.5Cm，只有极少发芽，稗子、狗尾草等在复土0.5—1.5Cm之間发芽无差别，所以若完全不耕地，杂草显著增加，生产实践中麦田直播水稻就因杂草多而不能广泛普及。

由于杂草种子的发芽深度是限于极表层，种子的分布也以表层为多，所以若将这一层土壤翻轉到深层去，对抑制杂草发芽将有很大效果。特别是在采用如复式犁等翻土性能高的机具时，第一年就能很好抑制杂草生长。荒井根据实际調查指出，种子寿命約一年的，用复式犁耕翻抑制发芽效果大。但是杂草种子寿命长的，头年被翻埋下去，下年又被翻上来，这些自下层再移到表层的种子生命状态如何，現在还不清楚。

耕耘前后杂草种子的分布变化，在第一表的資料中已大体可以看出，但因耕、耙、移栽等措施使种子改变分布的情况，尚无一定的規律。

荒井等对看麦娘的調查結果如第二图，由于耕耘方法的不同，耕耘后种子分布状态有显然区别，攪拌耕的（用旋轉犁耕的）比翻耕的，在耕土表层分布得多。这对想以耕作方法来抑制杂草的，就有困难。荒井等用上述同样耕作方法，調查了夏作杂草情况，列如第二表。

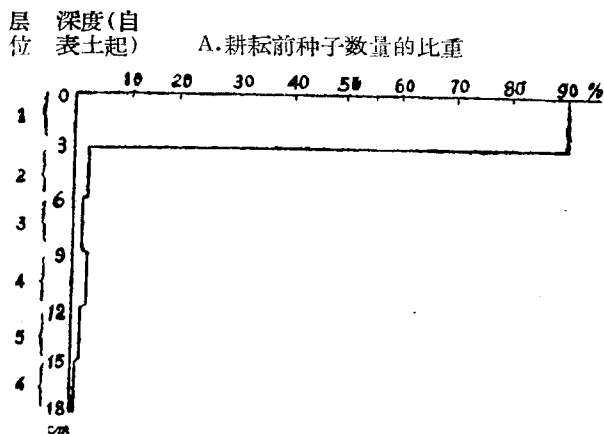
翻耕比攪拌耕杂草都显著減少。不过有报导：若在耕作前土壤下层杂草种子分布多，由于翻耕，反而使耕后分布在上层的杂草种子增多。

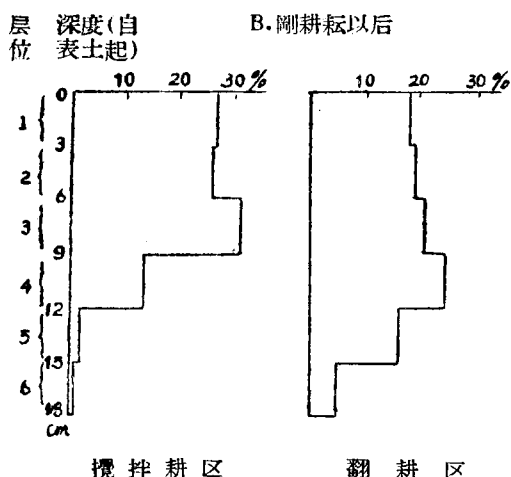
耕作与种子分布的关系是这样复杂，而杂草种子发生深度又是在耕土表层0—3Cm范围，所以用何种方法可以使这个

第二表：耕作方法不同与杂草发生数量(单位：坪)(荒井)

	試 驗 处 理			稗 子	莎草类	蕨 眼	节节草	鴨舌草	全 部 杂 草
发 生 株 数	攪	拌	耕	30.0	1077.0	459.0	285.0	129.0	2004.0
	比		較	100.0	100	100	100	100	100
	翻		耕	10.7	204.0	105.0	159.0	30.0	523.7
	比		較	35.7	18.0	22.9	55.8	23.3	26.1
风 干 重 (克)	攪	拌	耕	15.8	7.9	1.2	0.6	0.3	30.1
	比		較	100.0	100	100	100	100	100
	翻		耕	4.2	1.7	0.1	0.2	0.1	6.3
	比		較	26.0	21.5	8.3	33.3	33.3	20.6

第 2 图 不同耕作方法与土壤中看麦娘种子的垂直分布情况(荒井)





深度上的种子减少，将是一件重要的事情。因为翻下去的种子对以后各年种子分布有影响，所以不能一概而论。但对二熟制水田春秋共耕两次，而且也有一熟田耕2—3次的，再者，在耕作方法上也是多种多样，从翻土性能良好的复式犁到翻土性能差的动力耕耘机等。所以综合各种耕作方法来制定一套防除杂草的合理耕作措施，这就殷切地希望通过研究来解决。

(二) 肥料与养分的拌和

把撒在表土的肥料通过翻耕后使之与土壤拌和达到养分均匀分布的目的。土层内养分分布均匀，就能在作物的生育期中不断供给适量养分，这是使作物生长良好与增加产量的重要条件。特别是在水田，由于存在于土壤表层的氨态氮，当浸水后，遭到所谓“脱氮作用”，使氮素变成气体而挥发，所以把铵态速效肥料施到耕层的全层内，就不单单是使养分分布均匀，而

且从經濟用肥看也是一个重要問題，这就是为大家所熟知的，所謂“全层施肥理論”，这一理論是由盐入等的詳細研究而建立的，在水田施肥技术上作出了很大的貢獻，在这里将根据全层施肥理論，从防止灌水后土壤氧化层脫氮以及浸水前硝酸态氮素的脫氮等两个方面来加以討論，同时也涉及到耕耘机耕的施肥方法問題。当然肥料混和不仅是氮素肥料，还有堆廐肥等有机肥、以及磷、鉀肥，不过由于这方面研究的結果很少，在此从略。

作为翻土的另一个作用是除混和肥料以外，还有将淋溶到下层的养分翻上来的好处。在微量元素已淋溶到下层的老朽化水田，彻底翻轉土壤的效果显著，关于这个問題将在本节末加以闡述。

1. 鉅肥的全层施肥法

(1) 防止氧化层的脫氮：

我們將根据盐入的理論来闡明在浸水条件下，土表氨态氮的脫氮机制。水田土壤由于耕作、施用堆肥、廐肥等措施，使土壤中微生物的平衡破坏，浸水后繼續保持暫时的微生物的不平衡状态。此时由于微生物活动有机物分解，生成氨态氮。与此同时使土壤中的氧急剧消耗。这种消耗超过由水面供給的氧气量，所以土壤中的氧感到缺乏，形成还原状态。使土壤呈青灰色。但不久当微生物活动減弱，有机物分解減少时，自水面供給的氧气超过消耗，在土层的表层部分，分化成黄灰色的氧化层，形成这种氧化层的分化需要的时间随气温及土壤性質而不同，大体上是在灌水后1—2周。氧化层厚約数毫米到数厘米，氧化还原电位在300毫伏以上。在这个氧化层內氨态氮受微生物的氧化作用，变成亚硝酸态或硝酸态氮，大部分这类氮素立即在氧化层

与还原层接界处进行脱氮，变成氮气从土壤中逸出。

第三表：硫酸铵的施用方法与其肥效的关系

(西原农事试验场，排水采集器区) (盐入)

硫酸铵的 施用方法	7月20日		10月16日		产量每区 风干重(克)		氮素吸收 量(每区 克数)	氮素吸收 率(%)
	株高 (cm)	茎数 (每耗 根数)	株高 (cm)	茎数 (每耗 根数)	谷粒	稻草		
施于土壤表层	65.6	19.8	115.8	16.3	295.1	374.9	5.117	71.5
施于土壤下层	61.8	17.1	123.5	17.9	313.1	433.4	6.108	91.5
未施	49.0	7.4	88.5	7.7	84.7	101.5	1.541	

备考：1.各区的面积为0.5平方米。

2.施肥法：作为各区共同肥料的磷酸是用磷酸一钾及磷酸二钾的磷酸，钾肥磷肥每区各5克，施在0—9Cm土层后，用硫酸铵小区面积0.5平方米计算，每区施5克氮素，施法如下：

①施于表层的：混和在0—3Cm表土层中。

②施于下层的：混和在6—9Cm的土层内。

以上是关于水田脱氮的机制。这就牵涉到土层厚度与脱氮的关系，即土层越厚，氧化层所占的比例越小，脱氮量也越少。根据盐入以鸿巢试验地干田作试验的结果，把硫酸铵10mg（每100克干土中）分别加到1厘米及4厘米厚的土壤中，放在保持30°C的恒温器时，到第33天铵态氮及全氮的减少是在厚度为1厘米的土壤中，铵态氮减少9.5mg，全氮减少达11.3mg，相反，在厚度为4厘米的土壤，前者减少2.5mg，后者减少不超高4.7mg，由此可知在耕作层浅的情况下，遭受脱氮的比例高。

根据这一脱氮理论，提出了硫酸铵施用方法，即防止脱氮的施肥法。

第三表是农林省农事試驗場西原本場的排水采集器的試驗結果，將硫酸銨施在深层（6—9Cm）区比施在表层（0—3厘米）区，水稻产量显著增加，这就指出了合理施用硫酸銨的方向。实际上在水稻栽培中常与耙地同时撒施硫酸銨，其中大部分为土壤表层所吸收，溶在水中，銨也在数日后为表土吸收，結果很快大量脫氮，肥效极低。为了避免氮素損失，如果把硫酸銨拌到土壤深层就很好，从而得出全层施肥的理論。

基于这一理論的合理施肥法是曾被証明过。第四表是鴻巢試驗地的一个例子，無論那一区，若在耙地或移栽时施用硫酸銨的都比在粗耙前施入区为差。这从耕作层土壤氨态氮分布状态中也被証实、即粗耙前翻入区，耕层表层的氨态氮分布比例小，而多半是混和在土壤全部土层中。

从这些試驗結果得出如下結論：硫酸銨的合理施用方法是在耕地时翻入土壤*。

（2）防止浸水前硝化生成的硝酸态氮的脫氮。

以全层施肥作为一种施肥方法，在翻地时翻入肥料是恰当的，这在上面已談过，一般在浸水前的耕地是干耕。在这以后到灌水之間尚有一段較长的時間，是处在旱地状态，因此就出現問題。因为在耕地时施下的氨态氮，于灌水前的相当期間的旱土状态中，經微生物的作用变成了硝酸态氮，这种在灌水前生成的硝酸态氮，于灌水后不能为水稻利用，从而造成損失。不过这种損失趋向两个方向：第一是在灌水后，随着土壤进行还原，夺取硝酸态氮中的氧，使氮变成气态而揮发。第二是硝酸态氮素与氨态氮不同，它不为土壤膠体吸收而保存，因此会随雨水或灌溉水的流动而損失。所以灌水前生成的硝酸态氮的損

* 这是指在一般能干水的水田，經常浸水的湿田必須另行考虑。