

稻田撈秧引起的土壤条件变化及其在 水稻增产中的作用*

祖康祺 陈修卿 馮秀琼 李春九

(北京农业大学土壤农化系)

撈秧又称耘田、耘耩、踩田,是水稻本田管理中一項重要的丰产技术措施。水稻本田管理是由施肥、拔草、灭虫、撈秧和水浆管理等措施所組成。这些措施之間是密切联系、相互影响的,其中撈秧又是直接促进肥效、增温、分蘖、发根的积极措施,它大大增强了施肥、水浆管理等其他措施的效果。

因为撈秧是在浸水条件下的中耕措施,它与旱田中耕相比較,虽然起着类似的增产作用,但是在引起土壤条件变化上和植株生理作用方面,却有着一系列的不同。总结羣众对撈秧的評价,探討撈秧所引起的土壤肥力因素的变化及其对植株生育的影响,无疑的将会对控制(創造和抑制)水稻生育所要求的土壤条件起着积极的作用。从而进一步揭发水田中耕作用的实质,这一理論上的意义也是不可忽視的。

撈秧的增产效果是众所皆知的事实,但是如何提高撈秧的效率,找出适合的撈秧时期、撈秧次数和撈秧的深度,做到經濟劳力,提高田间管理工效,不与其他作物爭工,是有实践意义的,亦是本文所要追述的重要目的。

1960年,我們下放京郊大兴县垡上大队,一面在大队技术員、三十多年种稻老农张万清同志协助下,在新垦稻区大面积生产田中布置了一些小块試驗,配合一些項目的室内分析和田间測定;一面調查訪問了京郊鵝房、芦城、海淀、六郎庄等地新老稻区的羣众經驗。現将这些初步結果,整理成文,以供参考。

一、撈秧的作用

我国农民在水稻本田管理中十分重视撈秧的作用,一般在分蘖初期至拔节前进行3—4次。羣众流传着許多諺語来表达撈秧的好处,他們說:“撈一次秧,頂一茬粪”,“一把草,一把粪”,“一次摸,一次烏”,“多耘多耩长得好,发棵多来谷子飽”,“稻耘三次米无糠”,“早撈还要早,晚撈不得了”,“及时耘草赛追肥”,“掌握时机巧耘草,手指底下出肥料”等等……。不仅表明撈秧对于提高肥力、促进生长以及产量和品质有显著影响,而且指出,要收到撈秧的效果,必須掌握撈秧的技术。

不同时期进行撈秧,其作用和效果均不相同。第一次撈秧在返青后进行,作用在于提高土温,加速肥料分解,并为提前第二次撈秧創造条件,所以要达到浅撈(1寸左右)、密封苗眼(根土密接)的規格要求。第二次撈秧在插秧后15—20天进行,这时株高不过5寸,四外黄叶,心叶青綠、挺立,分蘖刚刚开始。有經驗的老农非常重视二次撈秧的作用,这时稻苗即将进入分蘖盛期,要求松軟的土层和充足的养分,因此撈秧結合重施追肥,抓住早撈、深撈、狠撈,达到土层增軟、水、肥、土融和,促进換根,加快开墩,提早分蘖,灭草尽田的目的。第三次撈秧在苗长1尺左右,这时已处在分

* 土壤微生物測定由曾受英、郑迟生同学担任; Eh 值測定由陈建成先生担任;参加其他部分速測者有陈治中、李惠兰、张元正、丁洪強、刘效敏等同学。

藥末期,吸收根星羅密布,不宜深撈傷根,以淺撈拔草為目的。通常在操作上,撈秧前排水,保持汪泥汪水(刮皮水),然後追肥、撈秧,撈秧後結合晾田半天,用以加強土壤對肥料的吸收、提高地溫 and 促進養分分解。在精度上,要撈墩過壟,翻泥淨草。撈秧不足,分蘖減少,產量下降;延遲撈秧,新根大量噴發時期推遲,噴發力減弱,同時後期損傷吸收根,亦會導致吸收能力減弱,抽穗不齊,空殼率增大。所以,倘若增加撈秧次數,撈秧期應依次往前挪動,才有利於稻根生長。

撈秧的全部作用的基礎,在於引起土壤理化性狀的變化。

二、撈秧引起的土壤理化性狀變化

撈秧後直接引起了土壤的理化生物性狀的變化。圍繞羣眾的經驗我們作了一些主要理化性狀測定。

(一) 土壤起墩 撈秧後直接引起土壤起墩,表現出鬆軟、柔和、泥爛成粥,土塊融化,沒有坷垃,腳下有綿軟彈性的感覺,用手捏起濃泥漿沿指縫外流。羣眾說:“不怕不發根,只怕土不墩”,“土墩開大墩”,說明了土墩對於發根、長蘖的重要意義。我們在撈秧前後,連續測定了土壤浸水容重、含水率和鬆緊度等,獲得了一些資料(圖 1,2)。

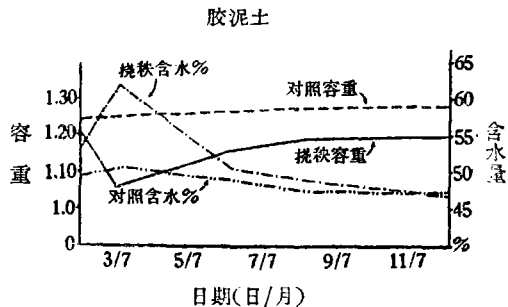


圖 1 撈秧後浸水容重變化

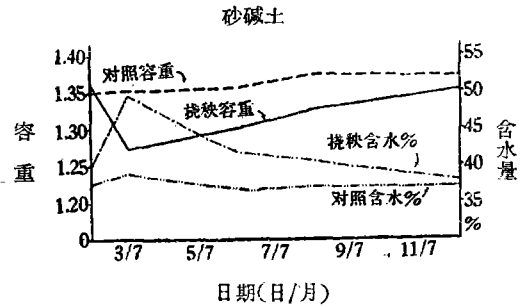


圖 2 撈秧後浸水容重變化

由圖 1 及圖 2 可以看出,撈秧後土壤浸水容重急劇下降,含水率直線上升,土壤趨向發墩,其後隨時間的延續,含水率逐漸降低,浸水容重又慢慢增加,土壤又漸次發板。但是,不同土壤上變化有大有小,撈秧後粘泥土比砂碱土的浸水容重小,而含水率大,所以變動的幅度也大,起墩的程度也大,持續的時間也長。

同樣,我們以體積 21.5 立方厘米、200 克重的物體,使土壤荷重後自動下陷,測其深度,來衡量撈秧後土壤鬆緊度的變化(表 1)。

表 1 粘泥土上鬆緊度的變化

日期(日/月)	9/7	11/7	12/7	13/7
撈秧 (厘米)	2.42	2.40	1.62	1.40
對照 (厘米)	1	1	0.96	0.90

撈秧後影響土壤起墩的主要因素有三:一是土壤粗細;二是土壤有機質含量;三是土壤水分飽和狀況。粘泥土土粒細小,表面積增大,吸水性增強,在漬水狀態下,土粒外圍為厚水膜所包被,而粒徑增大,因而含水率增高,土壤起墩的程度大,時間長。砂碱土則恰好相反,一經落干,含水率很快下降,土粒之間又緊縮一起,土壤又趨向發板。有機質含量高的土壤,土粒四周為高分子有機物

所包围,土粒間隙为有机物堵塞,弹性增大,使土松在浅水或落干状态下,削弱了土粒分子間的引力,也不会結成大土块而粘結一起。同时含水能力也增加。所以高度熟化的水稻土,因为有机质含量很高,因而具有塇、黑、滑、暖的重要标志。

应该指出,土壤并非在任何时候对水稻生长都是需要的。处在分蘖末期和灌浆期,为了抑制晚分蘖和促进根系下扎,往往还要配合落干,使土壤紧实一些才更为理想。

(二)土壤变暖 耨秧后土温普遍增高 1—1.5°C,一般在 1 度左右。

表 2 耨秧后土温变化

日期(日/月)	深度(厘米)	浅耨 1 寸(°C)	深耨 2 寸(°C)
25/6	0—1	23.0	23.5
	1—7	20.0	20
26/6	0—1	30.0	30.8
	1—7	29.5	30.0
28/6	0—1	25.1	26.5
	1—7	26.7	25.4
3/7	0—1	25.7	27.2
	1—7	24.0	25.1

土温增高对于促进返青、释放养分、发根长蘖均有重要的意义。尤其在北方意义更大。据前人研究,水稻在分蘖期中,温度低于 19°C,分蘖停止,在 26°C 以下分蘖缓慢,在 30—34°C 最适。北京地区这个时期的气温变化范围多在 20—30°C 之間,因之,温度上升有助于分蘖生长。

耨秧后土温增加多少取决于耨秧的深度和排水落干的程度,排水愈多,增温愈快,由表 2 看出,在一定深度内,深耨 2 寸的比浅耨 1 寸的普遍要增温 0.5—1°C,尤其在表层更为明显。所以有經驗的老农常说:“耨秧后土性发暖”。

(三)土壤养分变化 耨秧后土壤养分变化主要表现在下述两个方面:

1. 土壤有机质的转化:用 0.1N NaOH 提取活性腐殖质,分析结果表明,耨秧后 24 小时之内活性腐殖质含量迅速增加,24 小时以后又趋于下降,随后又慢慢上升。引起活性腐殖质含量变化,主要由于土壤物理性质得到改善,通气性加强,土温升高,微生物活动剧增所引起的。

因之,我們同时测定了土壤微生物总数的变化(表 3)。

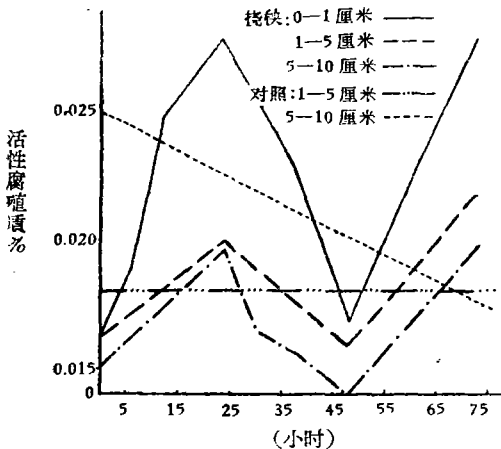


图 3 耨秧后活性腐殖质含量(施大粪干后)

表 3 耨秧后土壤微生物总数比较

深 度	耨 秧	对 照
0—5 厘米	1.3×10^8	1.3×10^8
5—10 厘米	5.0×10^8	2.8×10^8

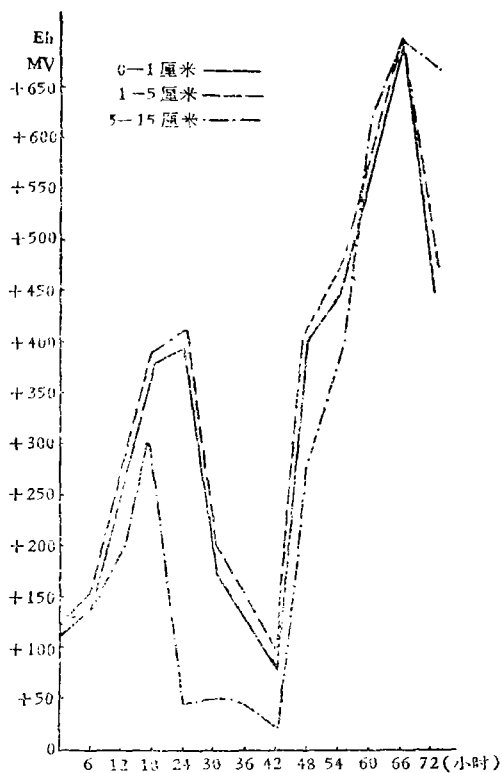


图4 撈秧后 Eh 值变化曲线

由胶泥土上测定的微生物的数量变化,也得到类似的結果。接近表层的氧气供給条件远較下层为强,所以0—5厘米内微生物总数成百倍地剧增。其次由所测氧化还原电位的变化,也足以說明活性腐殖质含量变化是与好气微生物活动息息相关的。对照图3,4可以看出,当Eh值上升,氧化势增强,活性腐殖质含量增加,当Eh值降落,还原势增强,好气微生物活动受到抑制,活性腐殖质含量则相对减少。根据前人研究,水稻土的氧化还原电位(Eh)低于250mV时就有强烈的还原作用。很明显,我們测定撈秧后24—48小时内,Eh值自350mV一直降落到低于100mV,这时活性腐殖质含量由0.03%降到0.015%左右。

由图4还可看出,撈秧后1—5厘米深度的Eh值总是略高于0—1厘米土层的Eh值。应该指出,这一现象并非是正常的,主要由于撈秧前追施过量的大粪干影响的結果。虽然撈秧深度在6厘米左右,由于上层大粪干含量多于下层,因而粪干分解过程中表层消耗的氧气也就过多,引起Eh值略为偏低。当然,无须說明影响土壤Eh值变化的其他因素,因为在这种情况下,我們认为大粪干的影响总是主要的。

2. 土壤中水解氮和速效磷的变化: 据分析結果,撈秧后土壤中水解氮含量和有效磷含量均有显著增长(见表4—6)。

表4 撈秧后水解氮含量分析(撈前追施大粪干)(单位:毫克/百克土)

日期 (日/月)	处理 深度 (厘米)	撈 秧			对 照		
		0—1	1—5	5—10	0—1	1—5	5—10
9/7		8.79	5.25	5.67	5.88	4.58	3.85
11/7		8.61	5.04	7.28	—	—	—
13/7		—	8.82	9.10	—	7.22	6.01

表5 撈秧后水解氮含量分析(撈前追施(NH₄)₂SO₄)(单位:毫克/百克土)

处理 日期 (日/月)	土 质	胶 泥 土					砂 碱 土				
		2/7	3/7	6/7	8/7	12/7	2/7	3/3	6/7	8/7	12/7
浅撈 1 寸		5.96	7.13	8.26	7.13	5.09	6.51	6.95	8.03	5.19	4.92
深撈 2 寸		10.13	8.43	7.82	9.09	9.10	—	10.64	7.14	8.61	8.95

在施用无机氮肥后(每亩40斤硫酸铵),发现深耨比浅耨的土壤吸收量大,测定结果,土壤中水解氮含量也高。

在淹水条件下,有机氮化物的转化仍以铵化作用为主。我们测定耕层0—5厘米和5—10厘米土壤硝化细菌反应极为微弱,由此可知,水解氮素的增加,主要还是由于含氮有机物被铵化细菌作用的结果。耨秧后土壤有效磷含量也显著地不断释放,其后随作物大量吸收,和水解氮一样又趋于减少。

表6 耨秧后土壤中速效磷变化(单位:毫克/百克土)

日期 (日/月)	处理 深度 (厘米)	耨 秧			对 照		
		0—1	1—5	5—10	0—1	1—5	5—10
9/7		12.0	3.6	1.2	2.4	1.2	1.2
11/7		17.6	3.4	1.6	—	—	—
13/7		14.2	1.4	1.8	1.2	0.8	1.0

(四) 水、肥、土相混相融 有经验的老农特别强调耨秧后水肥土相混相融的作用。田间观察证明,施用有机肥料后,由于耨秧搅拌,肥料融化,土肥相融、渗吸。肥料加入的深度决定于耨秧时对土壤翻动的深度;肥料施入土中,不耨秧粪土不能相融,在土壤表面上停落有大大小小的粪块,在排灌过程中不可避免地会遭到流失。经验证明施肥在根系主要分布区,肥料效果最大。第二次耨秧深度一般在4—6厘米,而插秧深度仅在3厘米以内,显然耨秧深度大于插秧深度,在这样范围内,水肥土融和,正好满足这时根系扩展对养分的要求。肥料与根系接触面增大,可以防止根的偏向发展。实践证明,稻田追施化肥多数是硫酸铵或碳酸氢铵,因此这些水溶性的养分,在耨秧后也会加速土粒对铵离子的吸收,据日本东条健等研究:水田表层有一薄薄的氧化层,倘若铵离子存在就可能被氧化成硝态氮,同时氧化层中也局部地呈现还原状态,当 NO_3^- -N与之接触,又可能被还原成游离氮素,而造成脱氮损失的危险。因之,浅水施肥后,紧接耨秧,使铵离子与土壤充分搅拌,被吸附在较深的根部区域,这对于保肥和供肥都具有积极作用。

三、耨秧对水稻生理、生态的影响

因为耨秧使得土壤环境得到更新、肥沃,创造了水稻分蘖期良好的营养条件和居住条件。所以直接带来了稻株生理、生态的变化——引起换老根、喷新根、开墩发苗、长根长蘖、叶色变黑,并且最终获得籽粒饱满、皮壳双薄、产量增高的效果。

(一) 换老根,喷新根

因为耨秧直接引起了稻苗根系部分的机械损伤,激发新根的再生能力(表7,8)。

表7 大张本庄耨秧后第四天观察

处 理	新根长(厘米)	新根数(个)	新根壮弱
耨 秧	3.7	3.4	粗 壮
对 照	2.5	2.5	细 弱

表8 耨秧对促进新根发生的效果(佳木斯繁殖站)

处 理	每株根数 (个)	每株白色 根数(个)	新根增加%
耨 秧	34	8	24.2
对 照	29	3	11.4

从表7及表8可以看出,耨秧对于新根喷发的数量、长度、壮弱均有显著的促进作用。在耨秧后第15天测定鲜根重为7.2克/10株,比不耨秧的增长了7.2%。同样根冠比值也有显著的变化,

在胶泥土上挠秧后4天测定,根冠比由原来的0.49下降到0.38,比对照减少了25%,而挠秧后第10天测得根冠比却上升到0.60,这时比对照反而增加了18%。同样,在砂碱地上也获得类似的效果。挠秧后根冠比先下降而后迅速上升,说明了新根大量喷发,强大的根系活力,不断地向外界摄取水分与矿质养分,以满足分蘖盛期对养分的需要。

群众经验指出,挠秧后老根逐步下扎,新根迅速上翻。所谓上翻是指新根的喷发部位沿分蘖节上移靠近地表。田间观察也进一步证明,新根喷出后,先横向生长,长达2—3厘米后,根尖再弯曲向下,显然,这种新根上翻和横向伸长是由于挠秧后耕层良好的土壤环境所引起的。实践证明:凡是挠秧质量愈高,耕层愈是松软、油润、肥沃,这种上翻能力愈强,喷发新根数也愈多、愈快,横向生长能力也愈大。这对于因为挠秧后老根机械伤亡而带来的早期根冠比下降、吸收根数量减少的不利情况下,充分发挥每个新根的吸收作用,大量吸收养分,才有利于进一步大量喷发新根,并为后期根系下扎和促进开墩发苗,打下了物质基础。

应该指出,过分深挠,折断老根过多,也会导致植株黄化。特别是第一次挠秧更不宜过深过狠,这时稻苗刚刚返青,根系还未老健,新根喷发能力较弱。第三次挠秧,多半处在分蘖末期,根系再生能力减弱,此时气温很高,容易造成披叶徒长,为了防止无效分蘖发生和后期倒伏危险,此时也不宜深挠。只有二次挠秧,正处在分蘖盛期刚刚开始,发根力最强,氮素代谢最旺,养分需要量最大的时期,要抓紧早挠、深挠、狠挠,可以收到迅速长根长蘖的效果。

(二) 促进早分蘖、多分蘖,开墩长高

“根深叶茂,本固枝荣”,这是自然的因果关系。挠秧之后,不仅创造了良好的土壤条件,并且换了老根,喷发了新根,大大地加强了植株的吸收能力,必然会加速地上部分的生长。据田间观察,突出的表现在分蘖提早、分蘖增多、发根、长叶等几个方面(见表9,10和图5)。

表9 不同土壤上分蘖数比较(平均值:个/单株)

处 理		日期(日/月)	2/7 (挠前)	挠后 10 天	挠后 16 天
		砂碱地	对 照	0.20	0.54
	挠 秧	0.20	1.10	1.20	
胶泥地	对 照	0.10	0.46	0.85	
	挠 秧	0.10	0.68	1.30	

注 二次挠秧时间已比实际时间晚了一周。

又据密山农场试验,挠秧对分蘖的影响也获得近似的效果。

表10 挠秧对分蘖的影响

处 理	分蘖期(日/月)	每株分蘖数	有效分蘖数(%)
不 挠 秧	25/6	1.5	70
挠 秧	21/6	1.7	120

同样,挠秧所引起的植株高度的增长,在前期并不显著,特别在等量施肥的条件下更不易区别。一旦到大量喷发新根以后(大约在挠秧后8—15天),株高确有显著的差异。据此,我们在7月2日挠秧,分别在7月6日、12日、18日做株高增长的比较观察,详见图5。

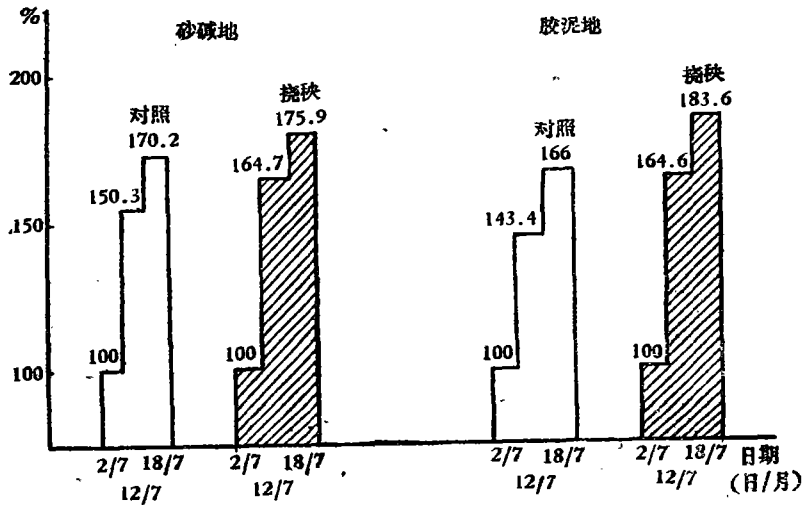


图5 撈秧后高度增长比較

由上面有关图表可以看出,无论在砂碱地上或胶泥地上,分蘖期提早、分蘖数增多、株高增长等方面均获得一致的效果。但在不同土质上,效果又有大有小。一般表现胶泥地上增长幅度较大,砂碱地上增长幅度较小;施了底肥的增长幅度较大,白地的变幅较小。所以说,撈秧固然是分蘖期调节耕层肥力的重要措施,但是增施有机肥料,调动土壤水分含量,仍然是调节肥力的基础。田间观察表明,撈秧的植株发墩大,墩散开。在撈后 15 天观察,不撈秧的植株有叶黄干尖的象征,而撈秧的蘖硬,叶绿能多持续一周多时间。显然,这足以说明撈秧后土壤肥力持久的作用。

(三) 叶色发乌

撈秧的效果,不仅表现在长根长蘖上,而且叶色也显著的由黄变绿,群众称之为:“一次摸,一次乌”,“叶色发乌起大墩”。稻株颜色发乌是由于撈秧后植株吸收力增强,体内氮素代谢旺盛的表现。我们测定功能叶片中主要含氮物质的变化(见表 11, 12)。

表 11 撈秧后植株体内含氮物质

处理	项目 日期 (日/月)	NH ₄ -N (ppm)			NO ₃ -N (ppm)			叶绿素(毫克/1克干土)			速效磷 (ppm)		
		2/7	6/7	12/7	2/7	6/7	12/7	2/7	6/7	12/7	2/7	6/7	12/7
		对照	5	20	3	2	5	3	0.12	0.14	0.3	15	5
撈秧	5	15	2	0	15	30	0.12	0.16	0.5	30	17	5	

表 12 植株体内碳、氮、磷物质变化

处理	项目	全氮 (%)	全磷 (毫克/百克土)	全碳 (毫克/1克干土)	叶绿素 (毫克/百克土)	备注
浅撈 1 寸		1.25		361.0	23.2	孙村试验田
深撈 2 寸		1.41		440.8	30.9	”
撈前 (2/7)		0.1583	130			大张本生产田
对照 (24/7)		0.3750	132.5			”
撈秧 (24/7)		0.4375	312.5			”

由表 11 及表 12 可以看出, 撈秧后功能叶片内全氮、全磷和叶绿素的含量均大大增加, 叶色逐渐变浓, 干物质累积也逐步增多; 铵态氮和速效磷逐渐减少, 硝态氮迅速增加, 所有这些变化, 正说明植株体内含氮物质代谢加强, 稻株生育旺盛, 叶片、叶鞘等同化器官迅速生长, 水稻从土壤里吸收营养物质也最盛。据研究资料指出: 水稻自出苗到分蘖开始, 氮素吸收量要占全生长期氮素总需要量的 25.9%, P_2O_5 要占到 1.2%; 自开始分蘖到开花期, 氮素吸收却占到总氮量的 72.8% (主要集中在前期分蘖阶段), P_2O_5 要占到总量的 98% (主要集中在后期开花壮籽阶段)。显然, 第二次撈秧配合重施追肥, 正符合水稻生理的要求。

(四) 粒飽, 壳薄, 产量高

羣众普遍流传: “稻耘三次米无糠”, “多耘多耨长得好, 发棵多来谷子飽”……等等諺語。说明了撈秧引起的土壤条件和植株生理生态的变化, 最终要影响到产量和品质, 带来籽粒飽滿、皮壳双薄、产量增高的效果。据田间观察表明, 撈秧处理者, 复白变小, 出米率可提高到 80%, 大张本庄小区試驗結果, 撈秧在胶泥地上增产 32%, 在砂碱地上增产 14%。据 1959 年北京郊区黄村公社芦城大队鵝房生产队試驗, 早撈的比晚撈的也有显著的增产效果(表 13)。

表 13 撈秧增产效果分析

项 目	撈 秧 期 (日/月)	穗长(厘米)	每墩穗数(个)	每穗粒数(个)	千粒重(克)	实产量 (斤/亩)	增产(%)
早 撈	25/6	16.4	10.5	91.6	25.2	537	70
晚 撈	25/7	15.2	9.2	87.8	24.1	467	

四、結 論

撈秧是水稻本田管理中一项重要的作业, 是水稻分蘖期调节耕层土壤肥力条件的重要措施。撈秧的重大作用在于:

1. 活化耕层土壤肥力。撈秧后土温提高, 空气通畅, 好气微生物活动加强, 使土壤变得壤、软、柔、滑, 土壤浸水容重和松紧度降低, 氧化还原电位(Eh 值)和水解氮含量有显著的增加。
2. 充分发挥了肥料效能。撈秧后有机肥料与水、土能够相混相融。土肥相融, 不仅改善了土壤物理性质, 防止肥料自身流失, 而且提高了对无机肥料的吸收能力, 扩大了肥料与根系的接触面积。
3. 撈秧后断老根, 喷新根, 促进了根系生长, 大大提高了对水分和养分的吸收能力, 满足分蘖盛期对养分的需要, 从而加强了体内的氮素代谢过程。
4. 撈秧直接引起了稻株早分蘖、多分蘖、增加有效分蘖, 提高植株体内叶绿素的含量, 加强了功能叶片的作用, 因而能够开墩发苗, 长高长穗, 最后获得籽粒飽滿、皮壳双薄、产量增加的效果。

应该指出: 要收到良好的撈秧效果, 必须掌握好撈秧的技术。撈秧次数要看田、看苗、看草而定, 根据水稻一般生长规律, 可以全面耘田三次。第一遍浅撈, 在返青后分蘖前期, 作用是提高地温, 加速肥料分解, 促进返青和根系老健, 苗壮苗旺; 第二遍深撈、狠撈, 在分蘖盛期刚刚开始, 目的是增根、增蘖, 促进氮素代谢, 增加有效分蘖; 第三遍轻撈拔草, 在分蘖末期, 目的是促进根系深扎, 保证穗长粒大。

必须强调指出, 在不同情况下, 撈秧必须紧密配合土、肥、水、密四个因素, 因地因时制宜的掌握耘田原则, 做到: 施肥后要抢先撈秧, 施肥后四、五天作物正在吸肥长根, 要严禁撈秧; 高田、砂田、缺水田要抢先撈秧, 严禁放深水耘田和攔田撈秧; 返青以后和孕穗抽穗以前要抢先撈秧, 返青前和孕穗抽穗期中要严禁撈秧。这样, 就可能收到羣众所歌唱的那样好处——“肥前、肥后浅浅水, 赶潮抢火莫挨延, 看水(汪泥汪水)撈秧田土好, 看肥撈秧节节长”。