

应根据当地气象台（站）的长、中期气象预报和向日葵品种生育日数，适当调整播种时间，使当年降水高峰出现在现蕾期前后和开花期 20 天以后的灌浆鼓粒期。从而获得向日葵的高产。

表 6		1980—1982 年 5—9 月平均气温统计																单位：℃		
年 份	5 月				6 月				7 月				8 月				9 月			
	上旬	中旬	下旬	月平均	上旬	中旬	下旬	月平均	上旬	中旬	下旬	月平均	上旬	中旬	下旬	月平均	上旬	中旬	下旬	月平均
1980	9.5	12.7	14.1	12.2	17.6	18.6	24.7	20.3	20.6	22.4	22.0	21.7	24.2	20.6	18.5	21.0	15.6	12.6	5.5	11.2
1981	9.4	12.0	16.1	12.6	16.9	20.6	16.7	18.1	20.6	23.8	23.9	22.8	17.4	18.5	16.8	17.5	12.2	13.2	9.8	11.7
1982	10.4	11.3	15.5	12.5	20.1	21.4	21.4	21.1	25.9	19.6	24.2	23.3	26.3	21.0	18.7	21.9	12.4	12.5	10.6	11.8
历年平均 值	9.5	12.8	15.4	12.7	17.2	19.3	20.6	19.0	21.3	21.7	21.5	21.5	20.8	19.4	17.7	19.2	14.8	12.7	9.9	12.4

表 7		1980 年土壤定期测定结果									
测定日期 (月、日)	土层深度 (厘米)	土壤湿度 (%)	测定日期 (月、日)	土层深度 (厘米)	土壤湿度 (%)	测定日期 (月、日)	土层深度 (厘米)	土壤湿度 (%)	测定日期 (月、日)	土层深度 (厘米)	土壤湿度 (%)
5 月 18 日	0—20	27.1	6 月 28 日	0—20	23.4	7 月 28 日	0—20	23.9	8 月 23 日	0—20	34.0
	30—50	26.5		30—50	26.5		30—50	27.3		30—50	30.5
5 月 28 日	0—20	24.9	7 月 8 日	0—20	31.9	8 月 4 日	0—20	18.7	8 月 28 日	0—20	32.1
	30—50	24.2		30—50	31.4		30—50	18.4		30—50	29.0
6 月 8 日	0—20	23.8	7 月 18 日	0—20	35.5	8 月 8 日	0—20	16.9	9 月 8 日	0—20	33.7
	30—50	26.0		30—50	33.2		30—50	23.5		30—50	28.5
6 月 18 日	0—20	33.2	7 月 21 日	0—20	33.1	8 月 18 日	0—20	17.8	9 月 18 日	0—20	32.5
	30—50	32.7		30—50	32.5		30—50	20.5		30—50	29.0

日本北海道农作物低温冷害考察报告

赵洪凯

(黑龙江省农科院耕作栽培所)

根据 1982 年黑龙江省同日本北海道科技交流协定，我作为北海道拓殖短期大学岛崎佳郎教授的进修生，先后到上川农试场、十胜农试场、北海道大学、农林省北海道农试场等单位，就日本北海道作物冷害研究的进度，所获成果，防御对策以及今后的研究

课题等问题，进行了为期一年的学习考察。

一、低温冷害对农业生产 的危险

北海道从北纬 41°24' 的白神岬开始到

145°49' 纳沙布峡止。总土地面积 835.1 万公顷，其中森林面积 563 万公顷，占总面积 72%，耕地面积 115 万公顷，占 13.8%。

北海道属海洋性季风气候。冬季从大陆吹来盛行西北风，夏季从太平洋吹来，盛行东南风。年平均气温，中部山地 2—4℃，其它地区 6—8℃。年降雨量 1000—1200 毫米，大于 10℃活动积温 2100—2700℃。

同我省相比，纬度虽然偏低，作物生育期间温度低于我省南部地区，热量资源我省高于北海道（见表 1）。所以，北海道由于热量不足，又常常出现夏季低温，因而冷害发

生频繁。过去的 100 年间（1883—1982 年）水稻冷害发生 26 次，平均 4 年一次，统计 1884—1897 年间 5 次冷害，水稻平均减产为 46.8%；1901—1940 年间 8 次冷害减产为 59.7%。1941—1960 年间 5 次冷害减产 42.6%；1961—1982 年间 8 次冷害减产 21.6%。其中最严重的冷害年 1902 年和 1913 年收获指数仅为 12% 和 6%，每亩收量仅为 28.6 斤和 16 斤，近乎绝产。据北海道凶荒灾害志记载：1902 年入春以来，一直低温，加之暴雨和早霜，北海道 25 郡颗粒无收。

北海道冷害与我省情况相类似。热量资

表 1 日本北海道同黑龙江省气温对照

地名别	纬度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均	资料年代
札幌	43°03'	-5.1	-4.4	-0.6	6.1	11.8	15.7	20.2	21.7	16.9	10.4	3.7	-2.3	7.8	1877—1976
旭川	43°16'	-8.5	-7.7	-3.0	4.5	11.4	16.1	20.4	20.9	15.3	8.5	1.3	-4.9	6.2	1889—1976
带广	42°55'	-9.0	-7.8	-2.4	5.0	10.7	14.3	18.5	20.0	15.6	8.9	1.9	-5.2	5.9	1892—1976
网走	44°00'	-6.6	-7.1	-2.9	3.9	9.3	12.6	17.2	19.0	15.7	9.9	3.0	-3.0	5.9	1890—1976
哈尔滨	45°41'	-18.6	-15.5	-4.3	6.5	14.1	19.8	23.1	20.4	14.7	4.9	-5.5	-16.1	3.6	1971—1978
牡丹江	44°34'	-17.9	-14.5	-3.7	6.5	13.8	18.6	22.6	20.1	14.0	8.3	-5.2	-15.4	3.7	1971—1978
海 伦	47°26'	-21.8	-18.1	-6.3	4.6	12.5	18.6	21.7	18.9	12.3	3.2	-8.4	-20.0	1.5	1971—1978
嫩 江	49°10'	-24.6	-20.4	-8.3	3.4	12.0	18.3	20.8	17.8	11.8	1.4	-11.1	-21.8	-0.1	1971—1978

源与作物需要之间和矛盾比较突出。热量稍有变动，就有可能满足不了作物的需要，使之不能正常成熟，低温的危害比较严重。我省积温偏差±300℃左右，因此导致产量波动在30%以上。

二、北海道作物冷害研究

对北海道夏季低温的发生原因有种种说法。关氏认为从北极南下的强寒流，冷凉多湿的东北风，带来夏季低温；冈田氏认为，由于火山暴发，使地球表面的日射量减少，气温下降造成冷害；安藤氏认为同太阳黑子数增减有密切关系等等。造成北海道冷害的直接原因是鄂霍茨克海高压的消长，高气压的势力增强，梅雨前在本州东北地方停滞，

给前线北侧的北海道带来不良天气。另外太平洋南下的亲潮水温低时，也会带来北海道的夏季低温。

北海道作物冷害研究从 1905 年开始，1912—1934 年中断，从 1935 年到 1950 年主要从事对灾害的调查分析；从 1954 年到 1965 年，开展冷害基础研究和防御对策研究，提出了危害的三种类型：障害型、延迟型和并发型。1966 年在农林省北海道农试场建立大型人工气候室，应用电子计算机、电子显微镜、超薄切片机，各道农试场也建立了人工气候箱、低温温室、短日照处理室，并开始了严密地人工模拟冷害试验。研究认为水稻障害型冷害的危险期是孕穗期，即花粉母细胞减数分裂后的 4 分子期到第一收缩期的小

孢子初期,在抽穗前 10—11 日间,此期对低温反应最敏感。试验证明此期连续 4 日日平均温度 15—17℃ 时,耐冷性强的品种发生不孕; 17~19℃ 时耐冷性弱的品种不孕; 20℃ 以上发育正常。此外,开花期花药开裂不良,使授粉失败也是造成不孕的原因之一。

花粉母细胞、胚囊异常;减数分裂时染色体不对称;减数分裂后细胞膜受阻氈绒层组织肥大;花药呼吸和蛋白质含量低下,从氈绒层向花粉转流的碳水化合物受阻,供应花粉的营养不足,花粉发育不良而不孕。

延迟型冷害是在生育各时期遇到低温,使生育不良造成延迟,粒重减轻。北海道延迟型冷害发生频率高于障碍型,这与我省情况相同。

三、防御低温冷害 促进作物高产

北海道的农业在近 20 年有较大发展,水稻单产在世界上取得领先地位。从 50 年代开始,北海道的稻米平均每 10 年亩产上升 140 斤,目前已达 800 斤/亩以上;其中最主要的原因是深入开展了冷害科学研究,弄清了水稻冷害的发生原因,研究出了防御冷害的对策,使之冷害年减产率由 50—60%,下降到 20% 以下,他们的具体做法是:

(一) 品种资源鉴定和耐冷高产良种的选择。在广泛搜集各作物品种资源材料基础上,进行耐冷、丰产、抗病、质佳等性状鉴定。原始材料收藏在农林省农业技术研究所品种资源库中。日本叫“遗传子银行”各育种单位根据选育目标,提出性状要求,计算机便迅速准确地将材料提供出来。农林省北海道农试场水稻玉米研究室每年只配 100 个杂交组合。

北海道农试场对水稻耐冷性遗传基因鉴定认为:中国的红光头儿、二九青、Jengknang、中秆青、原丰早, K 选 4 号、青秆黄、广陆矮 4 号、红 410、梅江早 3 号、天

落租 A、广解 9 号、珍江矮 13 号、广闽 1 号、通交 17 号、寒 7 号、东农 320、同 3134、合江 13 号、试验 20 号、印度种 Kalchani、匈牙利种 HM-4、M-76、Kakai 203M、Unzg 1—9、日本种丰粒、北光空知、新荣等,在水深 25 厘米低温处理和冷水喷雾处理,表现穗大矮秆,丰产耐冷性强,可作为有希望的耐冷育种材料。

耐冷性鉴定方法,日本主要采用直接鉴定。按时期分为:苗期、孕穗期,开花期、成熟期和全生育期鉴定。低温处理时间分为长期(全生育期)、中期(20—30 天)、短期(减数分裂期和开花期)。方法用田间冷水挂流串灌,利用电热线控制温度,人工气候室、气候箱处理,移动式冷水喷雾以及异地气候鉴定等等。不同时期,不同品种,处理温度不同。一般是昼间 15—18℃,夜间 12℃。

北海道耐冷性新品种不断更替,是水稻产量大幅度提高的原因之一。1957—1963 年育成耐冷、耐肥、高产的“新雪”、“福雪”品种,亩产达 530 斤。1967—1972 年育成“盐狩”品种,亩产上升到 680 斤。1973 年育成“石狩”,1975 年育成“北光”,1976 年育成“共丰”,1982 年育成“满黄金”。

北海道从 1893 年到现在的 90 年间共育成水稻优良品种 124 个。其中从 1961 年以后育成粳稻 30 个,糯稻 4 个品种。获奖的粳稻品种 12 个,糯稻 4 个。

现在推广的品种如“石狩”、“共丰”等,比“赤毛”株高矮 20 厘米,小穗数多 2 倍,叶面积增加 2 倍,直立型,光合效率高。同时耐肥、抗倒、种植密度比赤毛稻增加三分之一,所以在相同条件下,产量增高 3 倍以上。

(二) 土壤改良及改进施肥技术。北海道的主要土壤类型有黑色火山灰土占 33.6%,褐色低地土占 16.3%,灰色低地土占 13.5%。褐色森林土 11.6%。泥炭土占 8.4%,灰色台地土占 7.9%。北海道 100 年来进行了大规模的土地改良工作,他们叫做“基盘建设”。对

积温 2200℃以下, 7、8 月平均温度 18℃以下无霜期 110 天以下, 坡度 12° 以上的不肥沃的地方定为 4 级地, 列为“不能开发地”。此外 1、2、3 级地列为“可能开发地”。北海道泥炭地改造, 规模宏大。针对不同土壤和气候条件规定不同的施肥标准。

在北海道试验证明, 水稻在抽穗期前对氮素吸收量最大, 其次是出穗到成熟期。所以, 他们是将肥料的 80% 在移栽前施在 0—15 厘米土层内全层施入, 另外 20% 在抽穗期表层追施, 叫做“全层表层组合施肥法”。可以减轻低温年水稻贪青。为了培肥地力还将大量稻草还田, 玉米青割翻压。

(三) 栽培技术的改进。北海道稻作发展分为 4 个阶段: 第 1 阶段从德川幕府末期到明治 25 年(1892 年), 是稻作的创成期即水稻栽培初期。此期主要是品种引入试种, 明治 6 年(1873 年)“赤毛”试种成功。第 2 阶段从明治 26 年(1893 年)到大正 3 年(1914 年), 是稻作形成期, 栽培面积逐年扩大, 由道南扩大到石狩、空知和上川地方, 主要采用水育苗栽培和直播栽培法, 开始是人工手撒种, 到明治 38 年(1905 年)引入黑田式直播器, 开始了机械直播。第 3 阶段从大正 4 年到昭和 20 年(1945 年), 是稻作进展期, 栽培地区扩种到上川北部、十胜、北见等地。此期生产上普及直播栽培。由于 1931、1932、1934、1935 年冷害连续发生, 应用了保护苗带栽培, 它为北海道稻作发展奠定了基础。此时结束了直播栽培。第 4 阶段从昭和 21 年(1946 年)以后, 是稻作安定期。此期对各种育苗法进行了研究。

育苗方法, 由冷床苗带到尼龙暖洞式苗带, 由油纸育苗到简易尼龙塑料大棚, 还有旱田苗带省力育苗、电热温床育苗、合成树脂盐化塑料薄膜育苗、聚乙烯薄膜被覆苗带育苗。目前采用塑料薄膜育苗的透光性、保温性和耐久性都很良好。1956 年普及并受奖励。同时, 对育苗时期、床土培养、苗带施肥、种子消毒、立枯病防治、种子催芽、

播种密度、覆土深度、苗带管理、通风灌水、除草剂使用和移栽时期等进行了研究。

试验认为, 同水育苗比较, 温床育苗增产 27%, 冷床育苗增产 17%, 旱田育苗增产 15%, 被覆水育苗增产 5%。由直播转为移栽, 克服了直播产量不稳定性 and 后期早衰缺点, 产量由 270—400 斤/亩, 上升到 540—800 斤/亩。北海道 1945 年前为直播栽培, 1971 年前为人工插秧。从 1972 年开始使用乘用机械插秧。

合理的作物区划, 实行计划栽培是水稻稳产高产的基础。北海道从气温达到 12.5℃开始插秧, 到 8 月 10 日止为前期生育, 从 8 月 11 日到平均气温 13.5℃止为后期生育。这样, 抽穗前早熟种要求活动积温 1600℃, 中熟种 1700℃, 晚熟种 1800℃。后期生育要求有 40 天 800℃积温, 安全出穗期为 8 月 2 日—8 月 10 日。在北海道 2500—2600℃积温带是稻作的安定地带, 栽培面积 80% 为中熟种。

北海道水稻各生育期间的气温同产量的变异系数有高度相关关系。7、8 月平均气温 22℃以下时, 产量开始下降, 20℃时收获指数为 95%, 19℃时为 70%, 18℃时为 35% 以下。温度影响产量, 同我省情况相似。

计划栽培是以生育期间主要形态特征、干物重、氮素吸收、养分含量等作为判断标准。实行计划栽培很重要手段是田间作业机械化。北海道 1886 年前手耕手割, 1950 年前畜耕手割, 此后使用中耕机、拖拉机; 到 1970 年实现了系列化, 现在向大型机械化发展。所以近年来虽遇低温, 减产幅度大大降低, 合理种植, 计划栽培也是原因之一。

提高灌溉水温, 加强水层管理。修筑贮水池, 延长水路, 在白天晴天时灌水, 可提高水温 2—3℃。据农林省北海道农试场试验, 水温上升 1℃可促进生育, 增产 10%, 上升 3℃增产 20%。如在冷害年上升 1℃或 3℃, 增产 25% 和 45%。另外在幼穗分化期间进行 20 厘米深水灌, 防止不孕效果明显。

最近用硬质尼龙分散板,分散灌溉以提高水温。小面积提高水温利用水面蒸发抑制剂OED。

防风。北海道利用防风林,林高10—20米。最近利用防风网,网高2—3米。防风林网的效果范围是林网高的7—10倍距离。其作用是防风,防沙,防干热风。1980年是冷害年,道立中央农业试验场测定,在减风50%情况下,空气增温0.5—1.0℃,6月晴天10米处(网高5倍)水温上升4℃,60米处水温上升1℃,早出穗4—5天,产量增高20—25%,采用防风林网防御冷害是有效的。目前使用的防风网,既不占地,又安装简便,防风增温效果显著,在北海道已大量普及。

四、北海道今后冷害的研究课题

目前北海道稻米产量平均达700斤/亩,今后十年的目标是实现1400斤/亩,现在大面积产量达1000斤/亩地块很多。1983年将实现800斤/亩,计划1988年实现1100斤/亩,1990年实现1400斤/亩。为此,今后的工作是:

(一) **遗传资源的搜集和利用。**为了实现水稻高产,将从世界范围内广泛搜集品种资源,从中发现耐冷性强,更高产的材料。然后将此性状转育到日本水稻品种中。日本认为,现代科学已经发展到要求开展国际协作,共同开发自然资源,这是人类的财富。他们认为中国云南省有耐冷材料。现已开展同云南省合作研究。将来培育出超耐冷,超高产新品种是可能的。

(二) **开展大田作物冷害研究。**目前日本大米过剩,政府号召水田改旱田。在北海道旱作物如豆类、玉米、小麦都有冷害发生。

目前在国立、道立农试场中都专门成立了旱作物冷害研究室。

(三) **直播水稻试验研究。**日本农业基本法规定向省力化发展。想解决直播田保苗、低温下发芽、施肥、除草及高产问题,发展一批直播稻作。目前正在试验用碳酸钙等二种物质包被播种,以使在较低温度下能正常发芽生长。

(四) **能量开发利用。**风力发出的能量是风速的立方与风车螺旋桨转动面积成正比。据北海道农试场农气室测定,在风速6米/秒,螺旋桨直径6米,吹10小时可将3吨水加热到70℃。此外太阳能、雪能广泛被开发利用。

(五) **防止障碍型冷害药剂的研究。**目前对三沃素安息香酸正在试验中。

(六) **加强低温长期预报准确性的研究。**我省与北海道同处于北纬40°以上高纬度地区。气候条件、栽培作物、蔬菜种类基本相同。那么,从北海道农业发展道路给我们的启示是什么呢?北海道的自然灾害多种多样,如低温冷害、早霜、台风、暴雨、浓雾、冰雹、病虫杂草等等。而影响粮食生产的主要灾害是低温冷害。他们组织各学科各专业人员从冷害发生规律、危害程度、关键时期、气象和生理指标、以及选育耐冷品种和防御对策等方面进行研究。以农林省北海道农试场为主,并组织各道立农试场参加。经过常期的研究,不断地向生产上提供耐冷高产品种和各种栽培法;同时依靠先进的科学和发达的工业为农业提供足够的廉价化肥、农药、薄膜和各种农业机械;并提出各种振兴农业的措施。从而使水稻产量由140斤/亩提高到700斤/亩以上,将低温冷害的减产率由50—60%,降低到10—20%。