



马铃薯的生理营养与施肥

大崎亥佐雄

一、前言

北海道的生育期很短, 即使生育盛期的夏季也常遭遇低温冷害, 粮食作物遭受冷害的频率较高, 成为农业生产不稳定的因素。但根菜类作物则较耐低温, 1983年, 曾发生了从未有过的大冷害, 马铃薯还是获得了与常年相似的产量。

在低温气候条件下, 马铃薯也能获得高

产稳产, 成为北海道经营上不可缺少的主栽作物。如1984年北海道栽培的马铃薯面积是7.6万公顷, 占日本全国总面积的60.5%。

北海道马铃薯的用途与消费情况如表1所示, 1973年用于淀粉加工的大约占总产量的68%; 用于食用的占15%; 其他作为种用和自家用。近年随着食品结构的改变, 加工食品在急速发展, 从淀粉过剩的状况向油炸土豆片、法式炸条等加工食品方向转化, 也就是从量的时代转向品质的时代。根据品种

表 1. 北海道马铃薯用途与消费情况

区 分	年 次				
	45	50	55	59	
播种面积 (ha)	63800	71400	64700	75900	
每公顷产量 (kg)	3100	2930	3740	3620	
用 途 (t)	自 用	220.7	120.7	59.4	53.4
	种 用	104.4	147.5	140.3	144.5
	食 用	332.8	309.0	385.6	379.0
	加 工 用	49.2	142.4	327.0	412.1
	其 它	102.7	202.5	91.4	148.0
淀粉原料	1365.2	1167.9	1417.0	1602.0	

注: 1985年北海道的马铃薯情况。

和用途的不同, 必须有相应的施肥管理技术。

二、生长发育过程中干物质的合成与养分吸收情况

1. 干物质重量

马铃薯种植后30~25天开始萌芽, 萌发后干物质重量随地上部植株发育而逐渐增长, 到开花终期干物质重量达到高峰(图1)。地下部萌芽不入便在地下茎节部分长出匍匐茎, 匍匐茎尖端逐渐开始膨大, 从开花始期开始叶部光合成的同化产物便向块茎

积累,直到茎叶黄变终期。

2. 养分吸收

供试品种丰自(トヨシロ)用标准施肥量栽培时,生育期养分吸收情况如图2所示。养分的吸收除磷肥以外,都比干物质重

量的增加旺盛得多,其中氮的吸收量从萌发后一直很强。到开花终期吸收量最大,约占全生育期吸收量的94%,以后仍继续吸收。磷随块茎膨大向块茎积累,直至生育终期。钾、钙、镁随氮和磷间的变化而不同,钾的

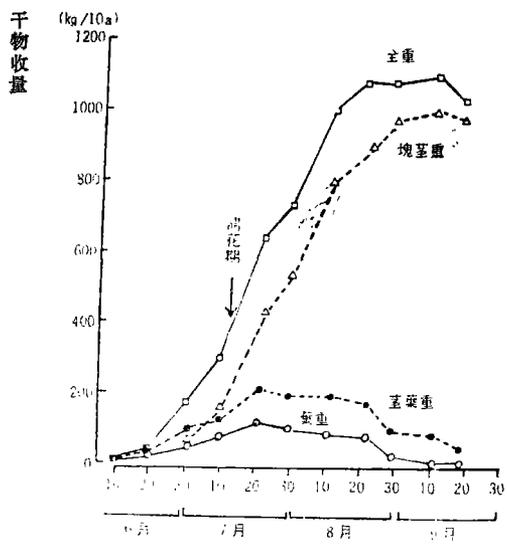


图 1. 干物质生产量情况 (十胜农场 1984年)

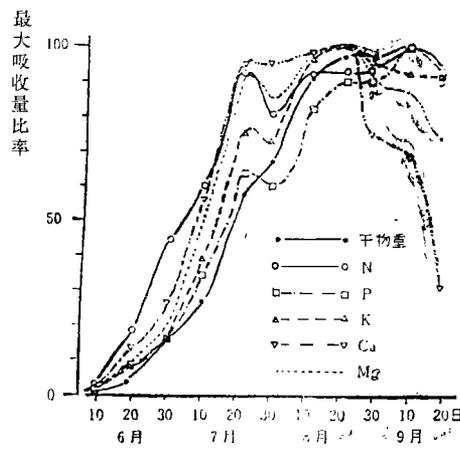


图 2. 马铃薯吸收养分过程

绝对吸收量为最多,钙随生育状况而吸收,向块茎分配的比例很少,主要存在于茎叶部,随地上部重量的减少而急剧下降,镁的吸收情况与钙相类似。只是向块茎中分配的比例要比钙多一些,植株黄变期之前达到最大吸收量。

当每1公顷(10a)的产量是1275kg时,各种元素的吸收量为: N 14.7kg, P₂O₅ 5.5 kg, K₂O 41.8 kg, CaO 4.6 kg, MgO 2.7 kg。即生产1吨块茎需要 N 3.4 kg, P₂O₅ 1.3 kg, K₂O 9.2kg, CaO 0.9kg, MgO 0.6 kg。与品种的差别不大。

株结薯数×平均薯块茎重。株数取决于种植时的株行距,每株结薯个数与薯重都与肥料的三要素有关。

每穴茎数的多少影响结薯个数,这与品种和薯块的大小有很大关系。男爵平均每株2.4个茎,可结薯9.1个;农林1号是3.2个茎,可结薯12.4个。块茎是由地下茎节长出的匍匐茎先端膨大而形成的。在匍匐茎中只有50~70%可形成块茎,它受气象条件、土壤理化性质和施肥营养等因素所制约。

田端等人关于肥料三要素施用量试验的结果如图3所示:增施磷肥可促进苗期发育及块茎形成,增加结薯个数,磷肥不与氮肥混合施入,可使生育日数缩短,而且常表现后期呈凋萎型生育。早川等在根刈农业试验场进行了同样的试验,多施磷肥块茎生育期提前,生育个数也增加,但必须同时施用氮

三、施肥对作物生育的影响

1. 施肥量与产量构成的因素

马铃薯产量等于单位面积株数×平均单

肥。施肥对产量的效果以8月中旬为界限, 前期施用磷肥, 后期施用氮肥, 可获增产的效果。

笔者等在十胜农试场对食品加工用的马铃薯的土壤、肥料施用方法进行了探讨, 不管在什么样的土壤上, 随氮肥施用量的增加, 大薯个数随之上升, 小薯个数下降。由此可以看出, 施用氮肥可促进块茎膨大, 但是在氮肥供给量大的褐色低地上, 在不施肥的情况下, 生育后期营养状况也很好。因此,

2. 叶面积指数与产量

马铃薯块茎产量的形成是叶部光合作用作用的产物。因此, 采用有效的栽培技术, 促进苗期地上部生长发育旺盛, 在较长的时间内保持较高效率的干物质生产能力, 是非常重要的。

干物质的生产受叶面积指数(LAI)和纯同化率(NAR)所支配。田口等研究报告指出: 随LAI的增长, 当达到3时, 干物质的形成速度呈正比例增加, 但大于3时, 由于叶片互相遮蔽, 下部叶片不能受光, 而呼吸又消耗掉很大比例光合产物, 使块茎产量的形成停滞。串崎等人就施用肥料三要素的数量对男爵品种的生育影响作了研究。LAI直至开花终期, 在多施用一些肥料的情况下有所增大, 当LAI达到2.3~2.7时, 获得的产量为3.4~4.0 t/公顷(10a)。田端等人也研究了氮、磷肥混合施用的效应, 在多施磷肥的情况下, 增施一定比例的氮肥, 可提高同化产物向块茎中运输积累。谷口对十胜地区的三种主要土壤类型进行了氮肥施用量对LAI与块茎产量形成关系的观察, 结果如图4所示。当7月23~24日的LAI在3.5~4.0时, 其产量达到了顶点。这个LAI

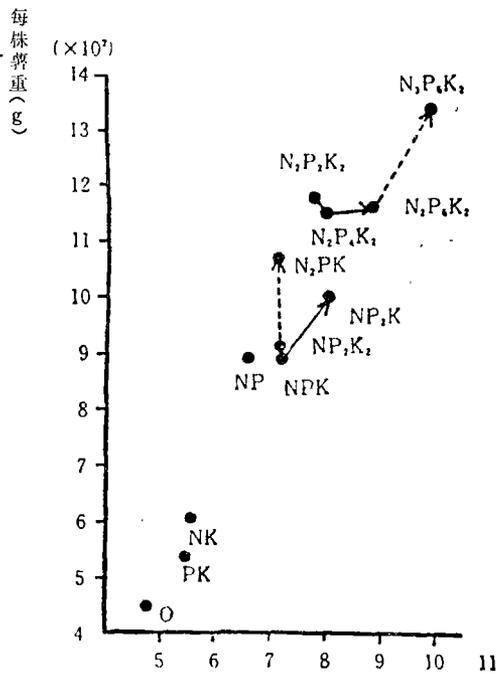


图3. 薯重、薯数与三要素的关系
品种农林1号; 栽培密度75 × 36 cm

随氮肥吸收量的增加, 重量在360g以上规格的薯块有所增加; 相反, 合乎规格薯块的比率则降低。在氮供给量较少的褐色火山土上, 氮肥施用量达到12kg/公顷(10a)时, 薯块个数多, 商品薯个数、平均单重也增加。但是, 如施12 kg/公顷以上的氮肥, 薯块虽大, 但个数减少。当氮、磷两者施用量相适应时, 薯块的个数与重量才能同时增加。因此, 合理因土施肥是很重要的。

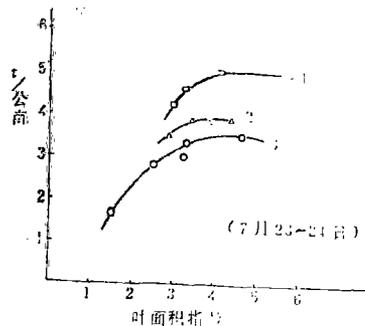


图4. 叶面积指数与产量关系
1—褐色火山性土; 2—湿性厚层黑色火山性土; 3—褐色低地土

比田口的试验最适LAI要高一些。叶面积再

增加与产量无关。因此, 过分增加叶面积而施用氮肥是不可取的。

3. 施肥与淀粉价

据许多试验表明, 与淀粉价关系较密切的是氮和钾, 多施用这两种肥料淀粉价就下降, 特别是氮肥随施用量的增加其吸收量也增加, 致使茎叶过于繁茂, 徒长而伏倒, 不利用淀粉生成, 即表现出氮吸收量与茎长度成正比, 与淀粉价成反比的相关性, 其结果株高与淀粉价之间也是负相关。由于这些关系, 作为食品加工用的马铃薯, 为了确保淀粉价在16%以上, 株高则应在90 cm以下, 氮的吸收量应在14kg/公亩以下。

4. 土壤类型与生育结构, 因日本土壤类型与我国不同, 不做介绍(略)。

四、施肥技术

1. 氮的施用量与产量、品质的关系

土壤养分中与产量、品质关系最大的是氮。因此, 目前对施氮的试验较多。串崎整理了北海道各地的试验结果, 根据产量、品种、地域等的不同, 施肥量有广泛的幅度, 平均每公亩为N 14~23 kg, P₂O₅ 15.3~16.6 kg, K₂O 7.7~15.5 kg。这样的幅度与产量的关系并不十分明确。岡氏在褐色火山性土上进行的试验结果是以淀粉产量为目的时, 14 kg N/公亩左右则为限界量, 施用这种剂量, 7月下旬开始植株多易倒伏, 对产量增加没有关系。十胜农试场: 1984年开始对加工食品用的马铃薯进行了一系列的施肥改善试验, 不同土壤用量如图5所示, 产量顺序为褐色低地土>湿性厚层黑色火山性土>褐色火山性土。褐色火山性土氮施用量大, 为12 kg/公亩。其次是湿性厚层黑色火山性土(3 kg/公亩)。再次是褐色低地土(4kg/公亩)。除褐色火山灰土以外的两种土壤施肥量间的产量差异极小。褐色低地土

4kg/公亩以上时反而减产, 褐色火山性土增施氮肥, 淀粉价明显降低, 其他两种土壤施氮淀粉价也低。原因如前所述。

如上所述, 由于土壤种类、施肥管理、前茬作物等的不同, 施氮的反应也不同, 因而规定出明确的氮施用量是极其困难的。

施氮效应的大小与土壤供氮能力的关系如表2所示。黄变期无氮区的氮吸收量, 在不同土壤类别中, 随耕层中的全氮量即可给态氮量(铵态氮+硝态氮)的增加吸收量也增加。无氮区氮吸收量在每公亩10kg以下时, 氮含量少的土壤施用氮肥效果好, 淀粉价也高。反之, 多施氮, 每公亩超过10kg, 随施氮量增加而加大减产比例。

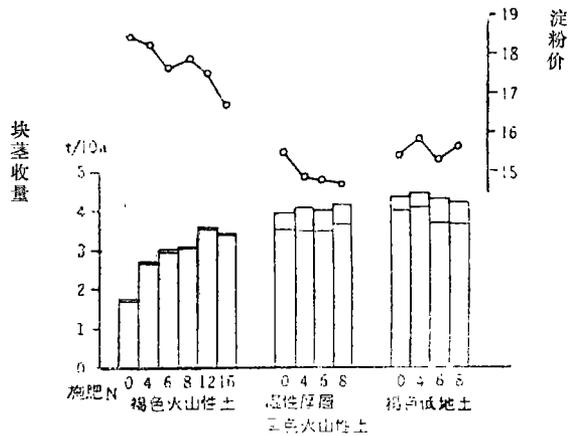


图5. 各土壤类型施N与产量品质的关系 (十胜农试场1984~1985年平均值)

2. 磷的施用量与产量的关系

磷随块茎的膨大明显地积累于块茎中, 直到生育终期吸收量还在增加, 施肥可促进初期生育, 而后增加块茎着生数, 若不与氮同施可提早成熟, 成为所谓的后期稠落型生育而影响增产。施用磷肥成熟期提早, 且淀粉价提高, 表皮增厚, 增强了在机械化收获时对机械损伤的抵抗能力, 从而减少加工过程中的挑选与修理, 使耐贮性、产量稳定性与品质均得以提高。

表 2. 土壤中氮与施氮反应 (十胜农试场 1985年)

土 壤 型	褐 色 火 山 性 土				湿性厚层黑色火山性土		褐色低地土		
	圃 场 代 号	I	II	III	IV	I	II	I	II
耕层中全氮 (公亩10a) (kg/公亩)	373	420	420	551	741	833	427	461	
耕层中可供态氮* (kg/公亩)	13.4	18.0	16.9	30.0	24.2	25.1	17.2	19.8	
C/N 比	11.6	11.3	10.4	9.9	14.6	14.8	8.1	7.1	
无氮区吸收量 (kg/公亩)	4.1	7.9	8.6	12.5	9.9	16.5	15.6	19.2	
规格内产量指标 (%)	N 0	(1632)	(2803)	(3181)	(3524)	(3131)	(4228)	(4273)	(4080)
	2	—	—	—	—	—	—	—	92
	4	164	115	114	99	96	96	109	88
	6	177	121	101	102	98	94	85	94
	8	193	128	118	109	110	98	87	—
	12	187	113	130	83	—	—	—	—
	16	162	—	—	—	—	—	—	—
淀粉价指数 (%)	N 0	(18.8)	(16.7)	(17.1)	(13.3)	(15.0)	(15.3)	(15.6)	(14.8)
	2	—	—	—	—	—	—	—	100
	4	100	98	98	105	97	97	110	93
	6	96	97	94	100	93	101	108	98
	8	99	95	95	105	99	99	110	—
	12	96	96	94	96	—	—	—	—
	16	94	—	—	—	—	—	—	—

注: * 为25cm处热水抽出N+硝态N; ()为与括号内数字比

磷的施用适量, 受土壤中有效态磷含量的影响较大, 而且也与施用氮肥有关。早川在根钏农业试验场进行的试验结果是: 每公亩(10a)施用 P_2O_5 11kg左右时, 产量最高, 每公亩(10a)施到 P_2O_5 18kg时, 在块茎膨大期植株枯凋而造成减产。

岡启、田端等也得出这样的结论, 即增施磷肥虽可增加马铃薯个数, 但块茎膨大下降, 所以同时施用氮肥是必要的, 磷酸施用

界限为 $45kg P_2O_5/公亩$ 。串崎、南松等认为 $15kg P_2O_5/公亩$ 左右, 但是以土壤中的有效态磷(Troug法)必须在 $15mg P_2O_5/100g$ 的程度为前提。总之, 磷的施用量是受土壤中有效磷含量左右的, 所以应进行土壤诊断后再决定有效的施肥量。

3. 钾的施用量与产量、品质的关系

马铃薯需钾是较多的, 所以称之为钾作物。缺钾不仅减产, 而且收获后块茎易发生

褐心腐烂症。但是, 近年来肥料情况较好, 缺钾的土壤除极特殊情况外几乎没有了。相反, 由于改土运动作为增加地力的对策, 将收获后的残留秆棵、堆厩肥等有机物施入, 以及喷撒淀粉废液等, 使高钾地多了起来。有关土壤中钾的状态与施用钾的关系调查结果如图 6。随土壤中交换态钾含量的增加, 而使产量有所下降, 而且在各种土壤中都存在因增施钾而减产的趋势。特别是当增施钾肥时导致淀粉价下降, 这是因为钾过分地被吸

收所致。所以, 与增产无关的施肥马上减少是经济的。但是, 由于马铃薯产量高, 对钾的吸收量也多, 所以过分减少钾肥的施入量需要持谨慎的态度。目前, 北海道的施肥标准是: 淀粉产量指标每公顷3.5吨施 K_2O 12kg/公顷; 食品加工用的产量指标为每公顷 3.0 吨施 K_2O 15kg/公顷。因为生产 1 吨块茎需钾量 6kg K_2O /公顷, 所以, 产量达到 3.5 吨/公顷时需 21 kg K_2O /公顷, 土壤中能供给 12kg K_2O /公顷时, 只需再施用 9kg K_2O /

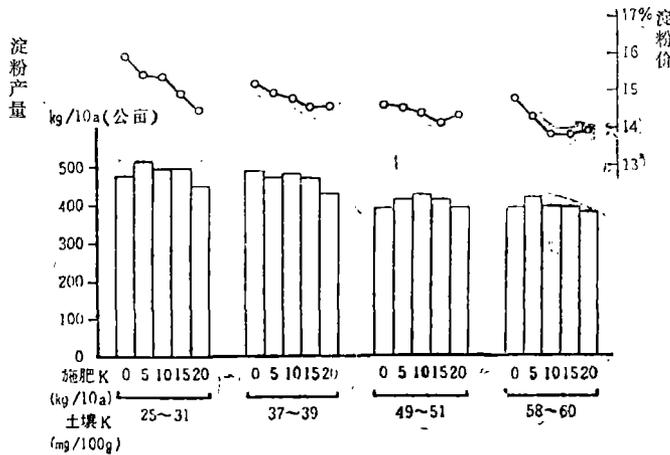


图 6. 土壤中K、施用 K对产量的影响 (中央农业试验场1981~1982年平均值)

公顷即可。因此, 参考土壤诊断决定肥料施用标准是必要的。

五、轮作体系下的有机物管理与相应的施肥技术

为提高大田作物产量, 依靠施用有机物增加地力是很重要的。在北海道, 为维持地力每年必须施用 1.0t/公顷 (10a) 以上的厩肥。从现状看种植甜菜时, 施用 2~3 吨有机肥也不算过量。

有机物的施用, 在寒冷地区, 不仅可以增产, 而且对稳产也是特别重要的。十胜农试场 4 年轮作体系的有机物管理方法 (堆肥

和作物残渣) 的结果如表 3 所示, 与无施肥区比较, 连年施用有机物的地块, 前 5 年间产量变动很小、很稳定, 其后的 5 年间大豆仍增产, 年度间变动也小, 更增加了稳定性; 但马铃薯则相反, 后 5 年间产量下降, 淀粉价也下降, 年度间变动大, 产量不稳定。如上所述, 可断定连年施入有机物可以增加土壤的肥力。

轮作体系下, 马铃薯的前茬多半是甜菜, 特别是在 3 年轮作为主的网走地区, 前茬多为甜菜, 达 86% 以上。甜菜产量每公顷 5~6 吨时, 就有 4.5~5 吨的茎叶部被埋到地里, 这些茎叶部含的作物养分平均每公顷 (10a) 约有 N 13 kg、 P_2O_5 4.5kg、 K_2O 21 kg、CaO 4.5 kg、MgO 4.8kg。茎叶部的 C/N 比低,

施入地下后很快被分解, 与堆肥一样含有的养分使下一茬作物吸收率很高。赤城等的试验结果是: 如施用4吨茎叶所产的氮如同施用8kg尿素的氮, 钾的供给多于镁, 钠也不少, 但磷和钙的供给量很少。

十胜农试场在当地农家圃场施入甜菜茎叶地进行了试验, 结果如表4所示, 施肥改善效果是明显的, 由于氮和钾的施入使产量增加了, 淀粉价也提高了。按农家常规方法施肥, 虽然产量高, 但规格内薯重少。

表3. 有机物连用与产量变动系数

处	理	51—55年		56—60年	
		产 量 (kg/公亩)	CV	产 量 (kg/公亩)	CV
马 铃 薯	标 肥	3696	14.1	3670	14.0
	标肥+堆1.5t	3701	11.1	3631	15.9
	标肥+堆3.0t	4041	8.7	3791	16.4
	农家常规	3980	14.3	3617	26.1
大 豆	标 肥	246	22.9	255	18.7
	标肥+堆1.5t	259	21.9	264	19.8
	标肥+堆3.0t	255	18.6	266	19.4
	农家常规	268	15.3	271	12.7

注: 轮作体制为4年, 即马铃薯→甜菜→大豆→小麦, 堆肥施用区分别施用上茬作物。农家常规是收获残物全量施入+栽培甜菜时施入的1.5t堆肥。

表4. 施入甜菜茎叶地改善地力效果 (丰自トヨミ口) (十胜农试场1985年)

处	理	产 量 (kg/公亩)	规格内薯重 (kg/公亩)	规格内薯数 (个)	淀粉价 (%)	干 物 (%)	施肥量 (kg/公亩)		
							N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1)	标准施肥	4165	3511	234	14.3	20.0	8	20	15
2)	N肥改善	4184	3750	270	15.0	20.6	6	20	15
3)	N+K改善	4507	4041	281	16.0	21.5	6	20	—
5)	农家常规	4464	3727	287	14.2	21.1	7	26	7

随有机物的施用, 必须向土壤中再提供必要的养分, 不然马铃薯的产量、品质都下降。所以, 根据对土壤养分状况的诊断调查, 然后再施用肥料将很重要。

六、提高食品加工用的 马铃薯品质

1. 品质准标

法式炸条、油炸土豆片等加工食品的品质是受原料薯性质影响的。所以, 原料薯的品质标准很重要。要满足加工食品的品质要求, 必须有高质量的原料。

①外部规格: 法式炸条的制品规格要在50cm以上才能制成。而炸土豆片过大时, 在包装上就会遇到困难。根据产品的不同, 块茎在80~400g的范围最好, 特大块茎空心发生率较高, 而且薯心的干物质率低, 质

地松软, 制出的产品质量不好。工厂喜欢形状一致、芽眼浅而易洗涤和剥皮的块茎。

此外, 还要求无碰伤、无生理病害、无疮痂病、粗皮病等, 以便于加工时块茎的修理。

②内部品质: 淀粉价是最重要的因素。淀粉价低的块茎制出的产品肉质软弱, 食味不良, 在加工过程中耗油多, 成品率不好。产品外表的好坏与还原糖的含量有密切关系: 还原糖多, 油炸时糖和氨基酸反应呈褐色。因此, 还原糖少一些为好。法式炸条大致在0.5%, 炸土豆片大致在0.2%以下为好。由于低温贮藏能使淀粉被分解成还原糖, 所以确立合理贮藏技术, 减轻这种变化是很重要的。由于提高原料薯本身的品质比较困难, 因此从栽培措施上采取在收获时尽可能地使块茎达到淀粉完熟是很必要的。

2. 肥料管理与品质的关系

如上所述, 加工食品用的原料薯需淀粉高、还原糖低、干物质高, 这对提高加工厂机器运转的效能, 提高成品率和产品质量有密切关系。因此, 在购买原料薯时, 要按淀粉价作定价的标准, 如表5所示。淀粉价提高1%可增收10%。

淀粉价高, 块茎大而整齐, 可提高加工效率和成品率。多施磷可增加块茎数, 但如不伴随施用氮肥则不利于膨大, 多施氮肥有增加大薯比率, 减少小薯比率的趋势, 这样施氮虽对块茎膨大有利, 但对于干物质率、淀粉价、还原糖含量等内部品质则有降低的趋势。一般多施氮对茎叶部影响较大, 后期呈

表5. 等级与价格情况
(丰白トヨロミロ) (1984年)

等级	淀粉价	单价 (元/公斤)
1	16.3	39
2	15.2	36
3	14.2	33
4	13.2	30

注: 元指日元

营养生长型, 即使到了收获期, 茎叶还保持绿色, 块茎继续膨大。因此, 淀粉积累少, 干物质率低, 即所收获的块茎未达到成熟。由于生育延后, 收获期推迟, 一度减少了的还原糖含量, 由于外界气温下降又重新上升, 导致品质下降。由于连续施用有机物而增强了地力的土壤和氮供给能力高的土壤与多施用氮肥同样会使马铃薯后期呈营养生长型, 虽然高产, 但品质均低。

如上所述, 无论是在土壤供氮能力高的土壤, 还是采用无施氮栽培, 当纯氮吸收量超过10 kg/公亩时, 都必须减少施肥。现行施肥标准是按土壤类别、地区差别, 采用不同的施肥量, 其差别是有限的。当施入堆厩肥, 甜菜茎叶、淀粉废液富含氮、钾时, 减用氮、钾可有助于提高品质马铃薯的生产。

(译自1987年《北海道农业上土壤肥料》,
240—249页)

藤高雅 译
肖增宽 校