

甘薯产量形成动态及蛋白质的分配与积累

杨宗广 罗小明*

(农学系)

摘要 根据甘薯产量性状形成动态,将全生长过程分为3个时期:前期为植后60 d内,中期为60~90 d,后期为90~150 d。干、鲜薯重,中期达最大值,以后下降;干、鲜薯重,前期增长慢,中、后期增长快;生物总产量,受薯重影响大,后期增长较快;薯块烘干率、淀粉率,均以中期增长快,并现峰值;薯块可溶性糖的含量和产量,主要在后期递增。

全生长期内,甘薯各器官蛋白质含量的高低顺序:叶片>吸收根>叶柄>地上茎>块根。各器官蛋白质含量,均以植后30 d起呈递减。蛋白质分配主流,随生长期进展,从地上部逐渐转向地下部(块根)。蛋白质积累产量,前期直线上升,中期相对稳定,后期缓升。块根蛋白质积累产量与块根干物率和干、鲜薯重,呈极显著正相关。

关键词 甘薯;生长过程;产量;蛋白质

对甘薯的生长规律,前人有许多研究^[2,5,8],一般将甘薯生长过程分为:发根分枝结薯期(前期),蔓薯并长期(中期),和薯块盛长期(后期)。有关甘薯蛋白质方面,前人也有不少研究:如认为甘薯蛋白质品质优良,生物学价值高^[4,5,12,13];块根蛋白质含量变幅为1.3%~10.1%(干重计)^[3,4,11];甘薯蛋白质含量受多种因子影响^[4,6,9,10],如不同基因型,不同施肥,灌溉等,蛋白质含量均有显著差异。

甘薯是稳产、高产、用途广的农作物^[1,2],不同用途对甘薯产量,品质的要求有不同。本试验是研究甘薯生长过程各产量性状的形成动态,及植株蛋白质的含量、分配与积累规律,蛋白质性状与其它产量性状的相关性,为不同用途甘薯,在品种选用、栽培收获利用方面,提供参考依据。

1 材料与方法

本试验以秋薯为主,1988年7月23日植,12月20日收,参试品种禺北白皮白心(简称禺北白),潮薯1号和大南伏,试验地为水旱轮作田,采随机区组设计,3次重复。另栽植夏薯(5月20日植,10月18日收),分别栽于水旱轮作田和旱坡地,品种和设计秋薯相同。

在甘薯生长过程,定期每隔15 d取样1次,每次各重复取样10株,测定叶片、叶柄、地上茎、吸收根和块根的鲜重,再从中取代表样本(每重复各器官约60 g),测定干物率,蛋白质含量、可溶性糖含量和淀粉含量。蛋白质含量的测定采用凯氏法;用日产凯氏

* 罗小明现在广州市果品公司工作

1990-02-26 收稿

自动定氮仪输入 6.25 系数测得;干物率测定采用烘干法;可溶性糖及淀粉含量的测定,采用蒽酮比色法,用 85%乙醇提取可溶性糖,用盐酸水解淀粉。

2 试验结果

2.1 植株产量变化动态

甘薯生长过程,植株产量性状的变化动态如表 1。

2.1.1 蔓重的变化 鲜蔓重在植后 15~75 d 增长较快,增长速度(以平均每天每亩增量计算,以下相同),植后 15~45 d 为 63.65 kg,45~75 d 为 28.11 kg,75 d 达最高值,75~120 d 鲜蔓重稳定稍降,120 d 后(12 月份),鲜蔓重明显下降。蔓烘干率,总趋势是随生长期进展而逐渐平稳地提高。蔓干重变化,基本与鲜蔓重的相似,但后期受蔓干率提高影响,120~150 d 间,蔓干重下降的幅度较少。

2.1.2 薯重的变化 植后 45 d 结薯后开始,鲜薯重随生长期进展而递增,至收获期(150 d)达最高值。其增长速度,前期(植后 60 d 内)较慢,中期(60~90 d)、后期(90~150 d)较快,平均每天每亩增重:45~60 d 为 6.03 kg,60~90 d 为 34.97 kg,90~120 d 为 50.37 kg,120~150 d 为 50.83 kg。薯块烘干率,结薯后迅速提高,至植后 90 d 达一较高峰值,90~120 d,处稳定状态,120~150 d 再稍有提高,至收获达最高值。干薯重变化总趋势与鲜薯重的变化相似,增长速度,平均每天每亩增重:45~60 d 为 1.10 kg,60~90 d 为 7.82 kg,90~120 d 为 11.00 kg,120~150 d 为 14.71 kg。

2.1.3 生物总产量(蔓、薯总产量)的变化 鲜生物总产量,随生长期进展而增加,至收获期达最大值,增长速度,前期与后期均较快,中期稍慢,平均每天每亩增重:15~60 d 为 55.03 kg,60~90 d 为 24.29 kg,90~120 d 为 50.94 kg,120~150 d 为 42.56 kg。干生物总产量,也随生长期发展而递增,至收获期达最大值,但因受薯块干率递增的影响,呈现前、中期增长速度较慢,后期递增加快,平均每日每亩增重:15~60 d 为 7.55 kg,60~90 d 为 7.61 kg,90~120 d 为 11.10 kg,120~150 d 为 14.30 kg。

表 1 甘薯生长过程产量性状变化动态(kg/亩)*

日期(月:日)	8:7	8:22	9:6	9:21	10:6	10:21	11:5	11:20	12:5	12:20
植后天数(d)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
鲜蔓重	91.4	687.4	2000.8	2470.4	2844.1	2150.2	2251.4	2167.4	1831.0	1919.3
鲜薯重			6.7	97.2	595.0	1146.2	1889.0	2657.2	3072.7	4182.1
鲜生物总产	91.4	687.4	2007.5	2567.6	3439.1	3296.4	4140.4	4824.6	4903.7	6101.4
蔓干率(%)	9.52	9.14	8.75	13.39	13.07	15.09	15.73	15.11	16.78	16.42
蔓干重	8.7	62.8	175.1	330.8	371.7	324.4	354.1	327.5	307.2	315.2
薯干率(%)			14.93	18.31	18.87	22.02	22.79	21.92	23.60	24.48
薯干重			1.3	17.8	112.3	252.4	430.5	582.4	725.1	1023.8
干生物总产	8.7	62.8	176.4	348.6	484.0	576.8	784.6	909.9	1032.3	1339.0

* 表内数字为 3 个品种,3 次重复平均值。

2.2 薯块淀粉与可溶性糖产量动态

甘薯生长过程,薯块淀粉与可溶性糖产量的变化动态,仅以大南伏品种分析结果为例,如表2。

表2 薯块淀粉与可溶性糖产量(干重)变化动态*

日期(月:日)		9:6	9:21	10:6	10:21	11:5	11:20	12:5	12:20
植后天数(d)		45	60	75	90	105	120	135	150
淀粉率	占鲜重(%)	8.98	12.33	15.60	21.03	19.66	17.03	18.05	17.27
	占干重(%)	39.44	55.25	61.45	73.40	68.73	59.80	60.49	56.68
淀粉产量 (kg/亩)		0.35	4.44	72.95	195.23	350.03	367.95	422.61	497.86
可溶性糖率	占鲜重(%)	1.91	1.24	0.92	1.82	2.40	4.94	5.86	7.17
	占干重(%)	8.37	5.50	3.62	6.20	8.40	17.37	19.64	25.47
可溶性糖产量(kg/亩)		0.07	0.45	4.29	16.86	42.78	106.64	137.12	206.62

* 大南伏品种3次重复平均值

2.2.1 薯块淀粉的变化 薯块淀粉率,前、中期递增,最高值于植后90d出现,以后缓慢下降。薯块淀粉产量,则随生长期进展而增加,至收获期达最大值,其增长速度,初期很少,以60~90d最快,平均每日每亩增6.36kg,以后趋缓增,90~120d为5.76kg,120~150d为4.33kg。

2.2.2 薯块可溶性糖的变化 薯块可溶性糖率,植后90d内,稳定在较低水平,90d后逐渐递增,从90d至150d提高约4倍。薯块可溶性糖产量的变化,与含糖率变化趋势相似,植后90d内处低量,90~150d间逐渐递增,平均每日每亩增3.16kg。

2.3 蛋白质的含量、分配与积累动态

甘薯生长过程,各器官的蛋白质含量、分配与积累的变化动态,如表3、表4。

表3 甘薯植株各器官蛋白质含量变化动态(占干重%)*

日期(月:日)	8:7	8:22	9:6	9:21	10:6	10:21	11:5	11:20	12:5	12:20
植后天数(d)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
叶片	34.79	38.61	34.46	28.79	25.49	24.83	22.22	18.92	18.78	17.44
叶柄	16.10	16.53	12.91	6.28	4.42	4.18	4.37	4.20	4.88	4.83
地上茎	13.00	14.39	9.54	6.48	4.86	5.18	4.37	4.22	4.22	4.44
吸收根	17.18	18.41	13.08	8.17	7.09	5.87	5.95	5.97	5.49	5.40
块根			8.05	5.64	5.31	5.50	4.56	4.30	4.10	3.79

* 3个品种3次重复平均值

2.3.1 植株各器官蛋白质含量的变化动态 甘薯植株各器官蛋白质含量,除植后30d内稍有升高外,全生长过程,均由高至低渐降,下降幅度,以叶片的最大,从38.61%降至17.44%,块根的最小,从8.05%降至3.79%,其余器官居中。

植株各器官蛋白质含量的百分率顺序:叶片>吸收根>叶柄>地上茎>块根,总差异达1%极显著水平。

2.3.2 植株蛋白质的分配动态 随生长期进展,甘薯植株体内蛋白质的分配主流,逐渐从地上部(蔓)转向地下部(薯),如植后60 d,90 d和150 d,分配于蔓部的蛋白质比例(分配率),分别为97%、70%和35%,(其中叶片分别为68%、46%和17%),逐渐减少;而薯块所占分配率,相应分别为2%、30%和65%,逐渐增多。

2.3.3 植株蛋白质的积累(干重)动态 甘薯植株蛋白质积累量,随生长期进展而增加,收获时达最高峰(表4)。

表4 甘薯植株蛋白质的分配与积累动态

日期(月:日)	8:7	8:22	9:6	9:21	10:6	10:21	11:5	11:20	12:5	12:20
植后天数(d)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
蔓部分配率(%)	96.98	98.14	98.18	97.23	86.48	69.88	60.33	51.41	42.82	35.21
薯块分配率(%)	—	—	0.34	2.09	13.15	29.85	39.31	48.19	56.96	64.56
蔓部积累干重(kg/亩)	2.22	15.84	31.07	46.02	39.87	32.45	29.86	27.00	22.47	21.32
薯块积累干重(kg/亩)	—	—	0.11	0.99	6.06	13.86	19.44	25.31	29.88	39.06
植株积累干重(kg/亩)	2.29	16.14	31.64	47.32	46.10	46.43	49.46	52.53	52.46	60.55

* 3个品种3次重复平均值;吸收根占少量未列入表内

甘薯植株蛋白质积累规律可概分为3个时期:(1)植后60 d内,为迅速积累期,15~60 d间,平均每日每亩增加蛋白质(干重)约1 kg,至植后60 d达第一峰值;(2)60~90 d间,为积累相对稳定期,蛋白质量维持第一峰值水平;(3)90~150 d间,为积累缓升期,蛋白质量再度增长,但速度缓慢,平均每日每亩为0.24 kg。

蔓部与薯块的蛋白质积累动态各有不同特点:蔓部蛋白质积累量,受蔓重变化影响,生长前期迅速增加,平均每亩日增0.97 kg,至植后60 d达最大值,生长中、后期随蔓重下降而逐渐减少,60~150 d间,平均每亩日减蛋白质量0.27 kg,至植后150 d,仅为最高值的46%。薯块蛋白质积累量,受薯重变化影响,前期极少量,中、后期稳步增加,植后60~150 d间,平均每亩日增0.42 kg。

2.3.4 块根蛋白质与植株产量、品质性状的相关性 根据试验结果,经统计分析,求得块根蛋白质(Y)与植株各产量性状(X)的偏相关系数(r),仅以大南伏品种为例,(其余两品种有相似规律),列举其中一些较明显的相关性如下:(1)块根蛋白质含量与植株产量、品质性状:块根蛋白质含量与叶片、叶柄、吸收根的蛋白质含量,均呈正相关,偏相关系数r值,分别为0.3031,0.824和0.1867;而与块根鲜重、干重、干物率均呈负相关,r值分别为-0.3413,-0.4811*, -0.481*;与块根可溶性糖含量、淀粉率,均呈极显著负相关,r值分别为-0.6295**, -0.6069**。(2)块根蛋白质积累量与植株产量、品质性状:块根蛋白质积累量,与块根干物率、鲜重、干重,均呈极显著正相关,r值分别为0.6462**, 0.9711**, 0.9748**;而与叶片蛋白质含量、叶片蛋白质积累量,呈显著或极显著负相关,r值分别为-0.4989*, -0.6263*;与块根可溶性糖含量、淀粉率、均呈

极显著正相关, r 值分别为 0.784^{**}, 0.549 9^{**}。

2.3.5 品种、季节、田土与植株蛋白质

2.3.5.1 品种 3 个参试品种, 植株蛋白质含量、分配与积累的变化动态基本一致, 但品种间的蛋白质含量、积累量的绝对值, 有较大差异, 例如, 收获期块根的蛋白质含量(占干重%), 潮薯 1 号最高(4.5%), 禺北白为次(3.46%), 大南伏较低(3.41%); 收获期块根蛋白质积累量(干重), 潮薯 1 号为 49.34 kg/亩, 禺北白为 38.44 kg/亩, 大南伏为 29.40 kg/亩。这是因品种基因型不同, 种质遗传性及其对环境反应不同所致^[4,6]。

2.3.5.2 季节 同一块水旱轮作田内, 秋薯与夏薯比较, 全生长过程, 它们的蛋白质变化动态基本相似。但蛋白质含量, 秋薯明显高于夏薯, 如收获期块根蛋白质含量(占干重%), 秋薯为 3.79%, 夏薯为 2.80%, 以潮薯 1 号为例, 判别函数分析结果, 秋、夏薯植株的蛋白质含量差异达极显著水平, 其中块根蛋白质含量差异最大, 为植株总差异的 70%, 其次为叶片的差异。同样, 收获时, 块根蛋白质积累量(干重), 秋薯显著多于夏薯, 秋薯为 39.05 kg/亩, 夏薯为 14.19 kg/亩。

2.3.5.3 田类 以夏薯(同植期)的水旱轮作田薯与旱坡地薯比较, 植株蛋白质含量有明显差异, 旱坡地薯高于水旱轮作田薯, 以潮薯 1 号为例, 判别函数分析结果, 两田类的差异达极显著水平, 其中块根蛋白质含量差异最大, 占植株总差异的 56.2%, 叶片次之。收获期块根蛋白质含量(占干重%), 旱坡地薯为 4.12%, 水旱轮作田薯为 2.80%。

3 讨论

3.1 本研究结果, 甘薯生长过程, 产量性状和各种干物质的增减与分配积累动态, 符合甘薯生长前、中、后期, 生长中心和体内碳氮代谢变化的规律^[2,5,8], 即从地上部生长为主, 氮素代谢占优势, 逐步向地下部生长为主, 碳素代谢占优势转移。各器官的各种干物质的含量, 还决定于它们自身的组成与功能, 如叶片是光合器官含蛋白质多, 而块根是贮藏器官含糖类多。

3.2 甘薯植株蛋白质积累量, 是蛋白质含量与干物质质量的乘积, 它们之间的变化动态密切相关。前期, 植株干物质迅速增长, 蛋白质含量又较高, 故植株蛋白质积累量迅速增加; 中期, 植株干物质增长速度相对较慢, 同时蛋白质含量明显下降, 故植株蛋白质积累量趋于稳定状态; 后期, 植株干物质再度迅速增长, 但主要是块根干物质的增长, 含蛋白质少, 而这时期植株蛋白质含量相继递减, 因此, 植株蛋白质积累量呈缓慢增长。

3.3 气候、田土因素对甘薯产量性状和蛋白质的变化动态有明显的影晌。不同年份、季节栽种的甘薯, 产量性状变化动态有差异, 如作者 1985 年秋薯(8 月 5 日植)试验^[7], 因较迟植, 而当年冬季低温早临(12 月中旬开始出现极端低温 2.9℃), 结果各产量性状均明显提早出现最高值, 如鲜蔓重在植后 90 d, 干、鲜薯重在植后 136 d, 薯块烘干率与鲜生物产量在植后 123 d, 均达最高值, 而且薯重与生物产量均以植后 60~90 d 增长速度最快, 延迟收获(150 d 和 170 d)的, 产量与品质均明显下降。

秋薯与夏薯, 气候条件不同有不同结果, 秋薯前期较高温多湿, 利于茎蔓生长, 中后期温暖, 日夜温差大, 多晴天干爽, 利于薯块生长积累干物, 故秋薯薯块产量及蛋白质量均较高; 夏薯全生长过程, 处于高温多湿气候, 不利薯块膨大和积累干物质, 故薯块产量

与蛋白质量均较低。

水旱轮作田与旱坡地薯,田土条件不同,甘薯的产量与品质,主要受土壤结构和土壤水分和肥力不同的影响,据 Conston(1974)报导,甘薯块根蛋白质含量随土壤含水量的增加而降低^[10]。旱坡地地下水位低,土壤通透性好,土壤水分适宜,利于甘薯根系发育和蛋白质等有机物质的合成、运转与积累,故植株蛋白质含量较多,但旱坡地一般肥力水平较低,甘薯产量及蛋白质总产量一般较低。相反,水旱轮作田,土壤水分较多,肥力较好,故甘薯蛋白质含量较低,但植株产量与蛋白质总产量一般较高。

3.4 综合研究结果,联系生产实践,应根据甘薯生产条件与用途,安排甘薯品种与栽培收获。

选用甘薯品种,一般宜选干物质产量及蛋白质含量较高的良种。食用甘薯,着重蛋白质与糖份含量高的;饲用甘薯,着重生物产量高的;工业原料用甘薯,着重淀粉含量高的。此外,选用早中熟高产良种,有利耕作制的安排。

甘薯的适期收获,应根据植期、气候、耕作制度和用途等综合考虑。一般全生长期有150 d较适宜,薯块、生物产量和各种干物总产均可获较高产,广东一些高产薯田,150 d可获亩产鲜薯5 000 kg。在温暖地区,根据耕作制安排,可适当延迟收获;华南冬季较低温的地区(北回归线以北),秋薯宜适当早植(7月份),生长期有130 d左右,干、鲜薯重,生物产量,淀粉和蛋白质总量均已达较高值,便可收获;副食用甘薯,可适当提早收,如生长期有100~120 d可收,薯块产量相当,薯块中等大,蛋白质与淀粉含量高,品质优,还可避免或减少后期虫害、鼠害,早收市价高经济效益好;青饲料用甘薯,在植后60~90 d,蔓重和蔓的蛋白质总量达最高值,便可开始分期采收,可获多量优质青饲料。

致谢 本文承蒙吴灼年教授指正,谨此致谢。

参 考 文 献

- 1 王寒. 论甘薯的发展前途. 中国甘薯, 1987(1): 14~15
- 2 江苏省农业科学研究所, 山东省农业科学研究所主编. 中国甘薯栽培学. 上海科学技术出版社, 1984. 1~2, 41~60
- 3 朱崇文等. 甘薯的品质改良. 作物杂志, 1987(1): 1~2
- 4 邱瑞镰等. 甘薯品质的初步研究. 中国甘薯, 1987(1): 32~35
- 5 余增鸾. 甘薯高产生理指标及其科学栽培法. 中国农业科学, 1981(6): 50~55
- 6 张国平. 甘薯的化学组成. 国外农学——杂粮作物, 1987(4): 47~49
- 7 杨宗广. 广东甘薯品种种植期、收获期与产量性状. 中国甘薯, 1987(1): 130~132
- 8 盛家廉等. 甘薯新品种徐薯18产量形成的生理特点. 江苏农业科学, 1982(9): 26~30
- 9 A. F. M. Sharfuddin 等. 密度和施肥量对甘薯新鲜和贮藏薯块化学成分的影响. 国外农业——杂粮作物, 1986(4): 41
- 10 Constantine R J, et al. Effects of Irrigation and Nitrogen Fertilization on Quality of Sweet potatoes. J. Amer. Soc Hort Sci, 1974, 99(4): 308~310
- 11 Dickey L F, et al. Root Protein Quantity and Quality in Seedling Population of Sweet potatoes. Hortscience, 1984, 19(5): 689~692

- 12 Walter W M Jr, Catignani G L. Biological Quality and composition of Sweet potato protein Fractions. J Agri Food Chem, 1981(29): 797~799
- 13 Walter W M Jr, et al. Protein Nutritional value of Sweet Potato Flour. J Agri Food Chem, 1983(31): 947~949

THE DEVELOPMENT OF YIELD AND THE DISTRIBUTION AND ACCUMULATION OF PROTEIN IN SWEET POTATOES

Yang Zongguang Luo Xiaoming

(Department of Agronomy)

Abstract In accordance with the development of yield, the growth process of the sweet potato plant could be divided into three phases: 60, 60—90 and 90—150 days after planting were defined as early, middle and late growth stages respectively.

The fresh and dry weights of vines reached the maximum amount in the early stage and decreased from then on. The fresh and dry weights of tubers increased slowly during the early stage and speeded up in the middle and late stages. Total biological yield, which was greatly affected by tuber weight, increased relatively faster in the late growth stage. The ratio of fresh weight to dry weight and the percentage of starch in tuber increased relatively faster and reached peak value in the middle growth stage. The accumulated yield and the content of soluble sugar in tubers increased mainly in the late stage.

For the whole growth season the protein contents in organs of the sweet potato plant were ranked as follows: leaf blade > root > leaf—stalk > stem > tuber. The protein contents of the various organs began to decrease 30 days after planting. with the development of plant growth the main flow of protein movement shifted from the aerial parts to underground parts (tubers). The accumulated yield of protein had a linear increase in the early growth stage, remained relatively stable in the middle stage and increased slowly again in the late stage. There was a very significant positive correlation between the accumulated protein amount of tubers and the dry matter ratio, as well as between it and the dry weight and fresh weight of tuber.

Key words Sweet potato; Growth process; Yield; Protein