

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2020)01-0016-06

马铃薯品种淀粉含量和淀粉产量的表现及其稳定性分析

李明安¹, 马力^{2*}, 吕文河³

(1. 北大荒黑土薯业有限公司, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 北大荒黑土薯业有限公司种薯研发中心, 黑龙江 克山农场 161621;
3. 东北农业大学, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 淀粉加工在马铃薯产业中起着重要作用。然而, 目前广泛种植的原料薯仍然是淀粉含量不高的菜用薯。为选出适于黑龙江垦区种植的淀粉加工型马铃薯品种, 试验采用随机区组设计, 以‘延薯4号’为对照, 对5个品种(‘同薯29号’、‘克新27号’、‘东农310’、‘内-9’和‘希森5号’)的块茎产量、淀粉含量以及淀粉产量进行评价, 并进行稳定性分析。对照品种‘延薯4号’产量达46 300 kg/hm², 淀粉含量13.76%, 淀粉产量6 394 kg/hm², 均表现出较好的稳定性。‘克新27号’产量(41 731 kg/hm²)低于‘延薯4号’, 但淀粉含量(18.94%)高于‘延薯4号’, 结果淀粉产量(7 976 kg/hm²)最高, 但表现并不稳定。‘东农310’和‘希森5号’淀粉含量分别为18.33%和20.46%, 并具有较高的淀粉产量, 分别为6 709和6 658 kg/hm², 表现稳定。该研究为淀粉企业正确选择品种提供了基础数据。

关键词: 马铃薯; 品种; 产量; 淀粉含量; 淀粉产量; 稳定性

Analysis on Performance and Stability of Starch Contents and Starch Yields of Potato Varieties

LI Mingan¹, MA Li^{2*}, LU Wenhe³

(1. Beidahuang Black Soil Potato Industry Co. Ltd., Harbin, Heilongjiang 150090, China; 2. Seed Potato Research and Development Center, Beidahuang Black Soil Potato Industry Co. Ltd., Keshan Farm, Heilongjiang 161621, China;
3. Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: Starch processing plays an important role in potato industry. However, the currently widely used raw potato is still table potato with low starch content. In order to select starch-processing potato varieties suitable for cultivation in Heilongjiang reclamation areas, the experiments were arranged in a randomized complete block design, with 'Yanshu 4' as the control. Five varieties ('Tongshu 29', 'Kexin 27', 'Dongnong 310', 'Nei-9' and 'Xisen 5') were evaluated for tuber yield, starch content, and starch yield, and stability analysis was performed. The yield of the control variety 'Yanshu 4' reached 46 300 kg/ha, starch content was 13.76%, and starch yield was 6 394 kg/ha, all showing good stability. The yield of 'Kexin 27' (41 731 kg/ha) was lower than that of 'Yanshu 4', but the starch content (18.94%) was higher than that of 'Yanshu 4'. As a result, the starch yield (7 976 kg/ha) was the highest, but the performance was not stable. The starch contents of 'Dongnong 310' and 'Xisen 5' were 18.33% and 20.46%, respectively, and they had high starch yields of 6 709 and 6 658 kg/ha, respectively, showing stable performance. This study provides basic data for starch companies to correctly select varieties.

Key Words: potato; variety; yield; starch content; starch yield; stability

收稿日期: 2019-11-12

基金项目: 黑龙江省科技计划重大项目(GA15B102)。

作者简介: 李明安(1965-), 男, 高级农艺师, 主要从事淀粉加工和马铃薯种植推广等相关研究。

*通信作者(Corresponding author): 马力, 高级农艺师, 主要从事马铃薯新品种筛选、推广及脱毒种薯生产和栽培技术等方面的研究, E-mail: yfzxmali@126.com。

中国是世界马铃薯生产大国, 20世纪90年代以来, 中国马铃薯生产规模总体呈现快速增长的趋势^[1]。随着马铃薯生产规模的扩大, 马铃薯加工, 特别是淀粉加工, 也随之迅速发展。同玉米、小麦等其他作物淀粉相比, 马铃薯淀粉具有其他淀粉不能替代的独特品质和功能。例如, 马铃薯淀粉颗粒大, 黏性高; 支链淀粉的分子量高, 柔韧性强; 含有天然磷酸基团, 能很好地延长产品的保质期; 口味温和, 无刺激。因此, 马铃薯淀粉广泛应用于食品加工、化工、医药、纺织、造纸、饲料等领域^[2]。北大荒马铃薯集团有限公司就是在这样一个大背景下成立的, 2016年公司实行混合所有制改革, 公司名称变更为北大荒黑土薯业有限公司。该公司是目前国内最大的马铃薯淀粉加工企业之一, 年生产的淀粉量占国内生产总量的20%左右, 在黑龙江农垦区域拥有6.67万hm²原料基地, 按农艺标准要求建立了科学轮作制度, 每年种植2万hm²马铃薯和4.67万hm²大豆、玉米、杂粮等作物。但近年来一直困扰企业的问题就是基地缺少优质的马铃薯原料, 淀粉加工型专用品种匮乏。同时, 现有品种在抗病性和适应性等方面也存在缺陷, 加工企业和种植者对淀粉加工品种的选择缺乏科学理论和实践的引领。目前, 公司原料基地种植的品种60%以上都是‘延薯4号’, 该品种产量高, 抗病性强, 但淀粉含量不高。因此, 筛选高产、稳产和优质的淀粉加工专用型马铃薯品种, 对满足加工企业需求, 提高马铃薯生产技术水平, 促进马铃薯产业持续、健康发展意义重大。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试的6个马铃薯品种分别为‘同薯29号’、‘克新27号’、‘东农310’、‘内-9’、‘希森5号’和‘延薯4号’(CK)。其中‘同薯29号’由山西省农业科学院提供, ‘克新27号’由黑龙江省农业科学院克山分院提供, ‘东农310’由东北农业大学提供, ‘内-9’由内蒙古自治区呼伦贝尔市农业科学研究所提供, ‘希森5号’由希森马铃薯产业集团有限公司提供, ‘延薯4号’为目前黑龙江垦区淀粉加工的主栽品种, 作为对照(CK)。

1.2 试验地概况

试验于2016~2019年在黑龙江省农垦齐齐哈尔局克山农场科技园区内进行, 该试验地位于E 125°22′, N 48°18′, 海拔315 m, 年降雨量502.5 mm左右, 年平均气温1.3℃, ≥10℃有效活动积温2 339.8℃, 无霜期120 d, 土壤有机质含量5.29%, 全氮0.35%, 全磷0.20%, pH 6.6, 土壤类型为淋溶黑钙土, 土壤肥力中等, 肥力均匀。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计

试验采用随机区组设计^[3,4], 共设6个处理(品种), 4次重复。小区行距80 cm, 株距20 cm, 4行区, 面积19.2 m²(长6 m×宽3.2 m)。每个重复之间留1 m的区道, 周围设保护行。

1.3.2 试验方法

试验采用人工播种, 施磷酸二铵(N ≥ 18%, P₂O₅ ≥ 46%) 195 kg/hm², 尿素(N ≥ 46%) 195 kg/hm², 硫酸钾(K₂O ≥ 50%) 360 kg/hm², 3种肥料搅拌均匀后全部作种肥一次性施入。所有种薯先进行催芽至0.5~1.0 cm, 然后进行切块种植, 重量在40~60 g。5月初进行播种, 9月中旬收获。无灌溉条件, 苗高20 cm左右中耕培土一次, 在整个生育期喷施马铃薯晚疫病防治药剂7~8遍, 防虫药剂5遍, 人工除草。收获时在小区内把中间2行全部起收, 计算所有薯块的重量(直径≥3 cm), 然后折合成公顷产量。收获后2周内测定块茎淀粉含量。

1.4 测定指标与方法

马铃薯块茎淀粉含量测定采用水比重法^[5], 根据块茎的产量和淀粉含量计算淀粉产量: 淀粉产量(kg/hm²) = 块茎产量(kg/hm²) × 块茎淀粉含量(%)。

1.5 数据处理

采用唐启义^[6]的方法进行联合方差分析, 品种平均值差异显著性测验采用最小显著差数法(Least significant difference, LSD), 稳定性分析采用Shukla模型。

2 结果与分析

2.1 块茎产量及其稳定性分析

由表1可知, 各参试品种产量在环境(年份)间、品种间差异极显著, 并且发现参试品种在不同

环境(年份)存在极显著的互作现象,说明不同品种在不同年份表现不同。

由表2可以看出,2016~2019年4年平均产量对照品种‘延薯4号’产量最高,达46 300 kg/hm²,其次是‘克新27号’,4年平均产量为41 731 kg/hm²,之后产量由高到低依次是‘同薯29号’、‘东农310’、‘内-9’,最低的是‘希森5号’,产量为32 902 kg/hm²。经方差

分析,所有参试品种与‘延薯4号’之间产量均达到极显著差异,‘东农310’、‘内-9’和‘希森5号’3个品种之间产量未达极显著差异。同时,Shukla方差结果表明,对照品种‘延薯4号’Shukla方差显著,稳产性好,而‘克新27号’、‘同薯29号’和‘希森5号’Shukla方差显著,稳产性不好,‘东农310’和‘内-9’Shukla方差极显著,稳产性极差。

表1 马铃薯品种块茎产量的联合方差分析(固定模型)

Table 1 Combined analysis of variance for tuber yields of various varieties (fixed model)

变异来源 Source of variation	DF	SS	MS	F	P
环境区组内 Block within environment	12	437 401 623	36 450 135	2.21	0.022 4
环境 Environment	3	2 139 703 828	713 234 609	10.18	0.000 7
品种 Variety	5	1 801 881 301	360 376 260	21.84	<0.000 1
品种 × 环境 Variety × Environment	15	1 050 863 486	70 057 566	4.25	<0.000 1
试验误差 Error	60	990 019 358	16 500 323		
总变异 Total variation	95	6 419 869 597			

表2 马铃薯品种产量及稳定性(Shukla模型)

Table 2 Tuber yields and stabilities (Shukla model) of various potato varieties

品种 Variety	环境(kg/hm ²) Environment (kg/ha)				平均(kg/hm ²) Average (kg/ha)	Shukla方差 Shukla variance
	2016	2017	2018	2019		
延薯4号(CK) Yanshu 4	39 083	44 150	46 199	55 769	46 300 aA	8 548 443
克新27号 Kexin 27	38 880	36 859	41 415	49 771	41 731 bB	14 516 533*
同薯29号 Tongshu 29	36 984	34 931	42 301	41 270	38 872 bcBC	12 873 052*
东农310 Dongnong 310	33 500	34 266	42 234	35 470	36 367 cCD	27 227 730**
内-9 Nei-9	23 489	37 710	39 035	44 301	36 134 cCD	25 243 940**
希森5号 Xisen 5	21 390	30 639	40 054	39 526	32 902 dD	16 676 650*

注: 平均值后不同小写和大写字母分别表示差异达0.05和0.01水平显著(LSD); *, **分别表示差异显著和极显著。下同。

Note: Average followed by different small and capital letter(s) indicates significant and highly significant difference, respectively, as tested using least significant difference method; *, ** indicate significant and highly significant difference, respectively. The same below.

2.2 淀粉含量及其稳定性分析

由表3可以看出,各参试品种的淀粉含量在环境(年份)间差异不显著,但是品种间淀粉含量差异极显著,并且存在极显著的环境(年份)×品种互作现象。

由表4可知,各参试品种淀粉含量都高于对照品种,最高的是‘希森5号’,4年平均值为20.46%,其次是‘克新27号’,4年平均淀粉含量为18.94%,

而对照品种‘延薯4号’淀粉含量最低,为13.76%。经方差分析,‘希森5号’、‘克新27号’、‘东农310’、‘同薯29号’和‘内-9’4年平均淀粉含量均极显著高于‘延薯4号’(CK)。Shukla方差结果表明,在6个参试品种里,只有对照‘延薯4号’淀粉含量的表现稳定,其余品种稳定性均差,说明6个参试品种里只有‘延薯4号’在不同年份间淀粉含量变化不大。

表3 马铃薯品种淀粉含量的联合方差分析(固定模型)

Table 3 Combined analysis of variance for starch contents of various varieties (fixed model)

变异来源 Source of variation	DF	SS	MS	F	P
环境区组内 Block within environment	12	5.38	0.45	0.52	0.892 6
环境 Environment	3	108.39	36.13	2.81	0.075 1
品种 Variety	5	475.75	95.15	110.72	<0.000 1
品种×环境 Variety×Environment	15	192.72	12.85	14.95	<0.000 1
误差 Error	60	51.56	0.86		
总变异 Total variation	95	833.79			

表4 马铃薯品种淀粉含量及稳定性(Shukla模型)

Table 4 Starch contents and stabilities (Shukla model) of various potato varieties

品种 Variety	环境(%) Environment				平均(%) Average	Shukla 方差 Shukla variance
	2016	2017	2018	2019		
希森5号 Xisen 5	22.95	18.38	20.58	19.93	20.46 aA	1.74**
克新27号 Kexin 27	20.25	16.04	18.88	20.59	18.94 bB	1.59**
东农310 Dongnong 310	17.18	16.68	20.18	19.27	18.33 bB	1.32**
同薯29号 Tongshu 29	19.89	14.97	18.48	13.90	16.81 cC	7.57**
内-9 Nei-9	12.59	14.96	17.58	16.81	15.49 dD	7.21**
延薯4号(CK) Yanshu 4	14.36	12.03	13.90	14.78	13.76 eE	0.21

2.3 淀粉产量及其稳定性分析

由表5可知,各参试品种淀粉产量在环境(年份)间、品种间差异极显著,并且发现参试品种在不同环境(年份)存在极显著的互作现象。

由表6可以看出,单位面积淀粉产量4年平均最高的是‘克新27号’,达7 976 kg/hm²,其次是‘东农310’,达6 709 kg/hm²,最低的是‘内-9’,仅

为5 716 kg/hm²。经方差分析,只有‘克新27号’与‘延薯4号’(CK)4年平均淀粉产量存在极显著差异,除‘内-9’外其余品种与‘延薯4号’差异均不显著。同时,Shukla方差结果表明,在6个参试品种中,单位面积淀粉产量稳产性好的品种有‘东农310’、‘希森5号’和‘延薯4号’,而‘克新27号’、‘同薯29号’和‘内-9’稳产性差。

表5 马铃薯品种淀粉产量的联合方差分析(固定模型)

Table 5 Combined analysis of variance for starch yields of various varieties (fixed model)

变异来源 Source of variation	DF	SS	MS	<i>F</i>	<i>P</i>
环境区组内 Block within environment	12	15 438 394	1 286 533	1.79	0.071 2
环境 Environment	3	97 826 613	32 608 871	6.07	0.006 5
品种 Variety	5	43 321 055	8 664 211	12.03	<0.000 1
品种 × 环境 Variety × Environment	15	80 616 217	5 374 414	7.46	<0.000 1
误差 Error	60	43 209 788	720 163		
总变异 Total variation	95	280 412 066			

表6 马铃薯品种淀粉产量及稳定性(Shukla 模型)

Table 6 Starch yields and stabilities (Shukla model) of various potato varieties

品种 Variety	环境(kg/hm ²) Environment (kg/ha)				平均(kg/hm ²) Average (kg/ha)	Shukla 方差 Shukla variance
	2016	2017	2018	2019		
克新27号 Kexin 27	7 924	5 910	7 818	10 250	7 976 aA	1 841 414**
东农310 Dongnong 310	5 765	5 714	8 522	6 836	6 709 bB	496 046
希森5号 Xisen 5	4 906	5 630	8 233	7 861	6 658 bB	221 351
同薯29号 Tongshu 29	7 361	5 236	7 793	5 798	6 547 bB	2 897 731**
延薯4号(CK) Yanshu 4	5 612	5 313	6 407	8 243	6 394 bBC	406 199
内-9 Nei-9	2 909	5 639	6 872	7 444	5 716 cC	2 198 880**

3 讨 论

高产、稳产一直是品种选择的重要指标。若方差分析发现品种 × 环境互作显著, 表明各品种在不同环境中表现出的优劣程度不一致, 需要对各品种进一步做稳定性分析, 以说明品种在不同环境条件下表现出的变异特性。评价品种稳产性的方法有很多, 常用的有 Eberhart 和 Russell 模型^[7]、George C C Tai 模型^[8]和 Shukla 模型^[9]。另外, 还有 AMMI 模型^[10,11]和 GGE 模型^[12]。因为 Shukla 模型简洁, 含义明确, 统计性能较好, 信息量大并较为精确, 有利于找出目标性状好且稳定的优良品种^[13], 该模型已经在

大豆、棉花、油菜、小麦等作物上普遍应用^[13-16]。本研究采用 Shukla 模型来分析供试马铃薯品种块茎产量、淀粉含量以及淀粉产量的稳定性。

在生产实际中, 最受关注的是单位面积淀粉产量, 也就是说期望产量和淀粉含量相对都高。淀粉产量越高, 种植户效益就越好, 同时, 淀粉加工厂的出粉率就越高。从连续4年的淀粉产量来看, ‘克新27号’的淀粉产量最高, 但其稳定性差, 也就是说年份之间差异大, 而排在第二位的‘东农310’稳定性好, 不同年份之间差异较小。同样, ‘希森5号’和‘延薯4号’也具备稳定性好的特点, 在不同年份之间淀粉产量差异较小。另外, ‘东农310’和‘希森

5号’的淀粉产量也略高于(4%~5%)当地的主栽品种‘延薯4号’。因此,在生产上大面积推广的‘延薯4号’,产量高,并表现稳定,但淀粉含量低,导致淀粉产量较低;相反,‘克新27号’产量低于‘延薯4号’,但淀粉含量高于‘延薯4号’,结果淀粉产量最高,但表现并不稳定。‘东农310’和‘希森5号’淀粉含量高,具有较高的淀粉产量,并表现稳定,是值得进一步展示和推广的品种。

[参 考 文 献]

- [1] 高明杰, 罗其友, 张萌, 等. 新时期中国马铃薯产业发展趋势分析 [C]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与中国式主食. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2016: 23-28.
- [2] 张红, 郑世英, 梁淑霞, 等. 高淀粉加工专用型马铃薯育种研究进展 [J]. 作物杂志, 2019(1): 9-14.
- [3] 朱孝达. 田间试验与统计方法 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2002.
- [4] 张永成, 田丰. 马铃薯试验研究方法 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [5] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [6] 唐启义. DPS数据处理系统 [M]. 3版. 北京: 科学出版社, 2013.
- [7] Eberhart S A, Russell W A. Stability parameters for comparing varieties [J]. Crop Science, 1966, 6(1): 36-40.
- [8] Tai G C C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials [J]. Crop Science, 1971, 11(2): 184-190.
- [9] Shukla G K. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability [J]. Heredity, 1972, 29(10): 237-245.
- [10] Crossa J, Gauch H G, Zobel R W. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials [J]. Crop Science, 1990, 30(3): 493-500.
- [11] Zobel R W, Wright M J, Gauch H G. Statistical analysis of a yield trial [J]. Agronomy Journal, 1988, 80(3): 388-393.
- [12] Yan W K, Fetch J M, Fregeau-reid J. Genotype $\times$ location interaction patterns and testing strategies for oat in the Canadian Prairies [J]. Crop Science, 2011, 51(5): 1903-1914.
- [13] 李秀萍. 国家春油菜新品种区域试验稳定性分析 [J]. 青海农林科技, 2015, 100(4): 57-59.
- [14] 邱强, 赵婧, 张伟, 等. 北方春大豆中早熟区域品种适应性综合分析 [J]. 大豆科技, 2014(4): 9-13.
- [15] 加尔肯·马地阿尔. 北疆棉花区域试验品种(系)产量稳定性及适应性分析 [D]. 石河子: 石河子大学, 2016.
- [16] 施万喜, 罗健. 陇东旱地冬小麦新品种(系)丰产稳产性分析与评价 [J]. 陇东学院学报, 2014, 25(9): 1-5.

丁香吩[®]



马铃薯晚疫病首选治疗剂

保定市亚达益农农业科技有限公司(原保定市亚达化工有限公司)成立于1997年,是国家定点农药企业,多年来先后获得过河北省高新技术企业、国家科技成果推广示范企业、重合同守信誉企业、消费者信得过企业等荣誉称号。

我公司独家配方“丁香吩”牌丁子香酚经过多年的推广应用对预防和治疗马铃薯晚疫病效果显著,具有速效治疗、长效保护、低毒绿色、无交互抗性等特点,而且是“减药增效”和替代化学药剂的首选产品。

我公司多年来始终坚持“以质量求生存、以信誉求发展;为客户服务、让农民满意”的方针,坚持贯彻国家“农药减量增效、使用零增长”的发展目标,愿与大家携手共进,共同合作,共谋发展! 联系电话: 0312-8683157