

优质马铃薯的经济效益与碳汇效应分析

王素华^{1,2}, 李璐^{2,3}, 杨丹^{2,3}, 何录秋¹, 王艳兰¹,
李基光¹, 万国安^{2,3}, 李树举^{2,3}, 杨学乐¹, 张璐¹, 汤睿¹

(1. 湖南省作物研究所 长沙 410125; 2. 国家马铃薯产业技术体系常德综合试验站 湖南常德 415000;
3. 常德市农林科学研究院 湖南常德 415000)

摘要:为实现常德市马铃薯产业发展的绿色跨越,通过开展马铃薯品种与栽培技术集成试验,探索马铃薯提质、增效、减碳种植新模式。试验采用两因素随机区组设计,因素一为栽培方式,因素二为马铃薯品种。结果表明,栽培方式和品种都会对马铃薯产量有影响,但两者并无互作,其中中薯191绿色栽培产量最高,为15.91 kg·6.67 m²;品种对品质的影响占主导作用,其中东农310有机栽培食味评分最高,为6.94分;在经济效益方面,费乌瑞它有机栽培产值最高,为6020元·667 m²,较对照增效594.32%;在碳汇效应方面,有机栽培净碳汇量最高,667 m²可以固碳近59.96 kg。可见,马铃薯有机栽培净碳效益好、利润高,但市场准入门槛高,适合高端消费市场。绿色栽培适用于大多数马铃薯品种,操作简便,能达到提质、增效、减碳的目的,可进一步在当地示范推广。

关键词: 马铃薯;品质;食味;碳汇

中图分类号:S532 文献标志码:A 文章编号:1673-2871(2022)11-066-07

Analysis on economic benefit and carbon sink effect of high quality potato

WANG Suhua^{1,2}, LI Lu^{2,3}, YANG Dan^{2,3}, HE Luqiu¹, WANG Yanlan¹, LI Jiguang¹, WAN Guoan^{2,3},
LI Shuju^{2,3}, YANG Xuele¹, ZHANG Lu¹, TANG Rui¹

(1. Crop Research Institute of Hunan Province, Changsha 410125, Hunan, China; 2. Changde Comprehensive Experimental Station of National Potato Industry Technology System, Changde 415000, Hunan, China; 3. Changde Agriculture and Forestry Scientific Academy, Changde 415000, Hunan, China)

Abstract: In order to realize the green leap of potato industry in Changde city, this study explored the new planting mode of potato quality improvement, efficiency improvement and carbon reduction through the integrated experiment of potato varieties and cultivation techniques. The experiment adopts two factors randomized block design. The first factor is cultivation modes; the second factor is potato varieties. The results showed that cultivation methods and varieties had effects on potato yield, but there was no interaction between them. The yield about 15.91 kg·6.67 m² of Zhongshu 191 was the highest. Varieties play a crucial role on quality. The taste score about 6.94 of Dongnong 310 with organic cultivation treatment was the highest. The output value about 6020 kg·667 m² of Favorita with organic cultivation treatment was the highest, increased by 594.32% compared with control. Organic cultivation fixed carbon contents about 59.96 kg·667 m², which has the best net carbon benefit, the highest profit and the market value. However, the market threshold of organic cultivation was high, which was suitable for high-end consumer market. Green cultivation as a convenient operation strategy, suitable for most potato varieties. The green cultivation has significant effort for yield-increasing, quality improving, efficiency increasing and carbon reducing, which could be further demonstration and promotion locally.

Key words: Potato; Quality; Taste; Carbon sink

绿色高质量发展将是马铃薯产业发展的重要方向^[1]。2018年,国家启动“马铃薯化肥农药减施技术集成研究与示范”项目,目标是示范区肥料利用

率提高8%、化肥减量17%,化学农药利用率提高11%、减量30%,平均增产3%,其中化学肥料减施增产1%,化学农药减施增产2%^[2]。

收稿日期:2021-11-30;修回日期:2022-07-15

基金项目:湖南省农业种质资源保护与利用资金(湘财农指[2022]23号);国家作物种质资源库-湖南分库(NCGRC-2022-56);湖南省农科院创新基金(2022CX60);现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-09)

作者简介:王素华,女,高级农艺师,研究方向:马铃薯选育与栽培。E-mail:susannawang512@163.com

通信作者:李树举,男,推广研究员,研究方向:马铃薯选育与栽培。E-mail:Lshj7135@163.com

汤睿,男,副研究员,研究方向:旱粮资源利用与开发。E-mail:tr0954@qq.com

通过近几年科技攻关,马铃薯“减肥减药”研究有了突破性进展,主要成果包括用有机肥取代部分化肥、建立马铃薯晚疫病预测预报模型、高效低毒化学农药减量施用、生物农药的应用等^[2]。罗照霞等^[3]、宿秀丽等^[4]研究表明,用生物有机肥部分替代化肥,可显著提高马铃薯产量和营养品质,达到“减肥”的目的。赵强等^[5]研究表明,通过科学预测指导施药,可大大减少马铃薯用药次数。卢军帅等^[6]研究表明,50%烯酰吗啉可湿性粉剂 600 g·hm⁻² 减量 20%和 40%喷施,对马铃薯晚疫病的防效与常量处理相比均无显著差异;喷雾处理控病效果优于拌种处理。田恒林等^[7]研究表明,生物药剂 0.3%丁子香酚 SL 对马铃薯晚疫病的防治效果和增产效果优于其他处理,并兼有安全、环保、持效期长等优点,可在马铃薯产区大面积推广应用。

随着“粮食安全”到“绿色发展”理念的转变,马铃薯也逐渐从“温饱薯”“小康薯”转变为美丽中国绿色发展贡献力量的“健康薯”“文化薯”^[8],市场也逐渐从温饱消费向营养健康消费转变,这对马铃薯的营养和食味品质提出了更高的要求。由于千百年来形成的饮食习惯所限,我国很多地区还是将马铃薯作为蔬菜来食用,所以我国马铃薯品种选育也是以鲜食品种为主,品质性状向高蛋白和高维生素 C 含量的趋势发展^[9],但以食味品质为导向的研究还很少。食味品质的评判较为复杂,与视觉、嗅觉、味觉、触觉相关,涉及的指标很多,较难量化和统一标准。黄越等^[9]研究不同马铃薯品种蒸食品质的差异,主要从风味、硬度、黏度、粉质感和咀嚼性 5 个方面进行评分,挑选出适口性较强的品种东农 312。王颖等^[10]对 9 份马铃薯地方品种的 17 个食味指标进行评价,并利用主成分分析将马铃薯食味指标提取成 4 个主成分因子,筛选出主要马铃薯食味性状评价指标为风味、滋味、咀嚼后质地、外观等 10 个指标。

笔者在前人研究的基础上开展优质马铃薯品种与栽培技术集成试验,通过品种筛选、安全种植、养分科学供给等措施提升马铃薯营养品质、食味品质,降低产品安全风险,推进马铃薯生产向低碳转型。

1 材料与试验方法

1.1 材料

供试品种:费乌瑞它由湖南农业大学提供;华薯 4 号由华中农业大学提供;东农 310 由东北农业大学提供;中薯 191 由中国农业科学院蔬菜花卉研

究所提供。

供试肥料:马铃薯专用复合肥(N、P₂O₅、K₂O 的质量分数分别为 15%、15%、15%)、生物有机肥(N+P₂O₅+K₂O 的质量分数≥5%,有机质的质量分数≥45%)。除草剂为体积分数为 33%二甲戊灵乳油。杀菌剂分别为体积分数为 0.3%丁子香酚可溶液剂,质量分数为 80%的波尔多液可湿性粉剂、72%的甲霜·锰锌可湿性粉剂、60%的唑醚·代森联水分散粒剂。

1.2 方法

试验于常德市农林科学研究院一季稻繁育基地进行,海拔 35 m。试验地前作为水稻,土壤为壤土,机械深翻,人工起垄。耕作层深度 30~40 cm,土壤有机质含量(w,后同)17.3 g·kg⁻¹,碱解氮含量 119 mg·kg⁻¹,有效磷含量 12.2 mg·kg⁻¹,速效钾含量 100 mg·kg⁻¹,全氮含量 1.22 g·kg⁻¹,全磷含量 0.68 g·kg⁻¹,全钾含量 15.8 g·kg⁻¹,土壤 pH 值 5.68,地力水平中等。

试验采用两因素随机区组设计,因素一为栽培方式,因素二为马铃薯品种,设 3 次重复。小区面积 6.67 m²,单垄双行种植,6 行区,株距 0.22 m,行长 5.56 m,行距 0.60 m,走道外设 1 m 保护行。马铃薯成熟后每小区选取连续 10 株样品进行考种。2019 年 1 月 27 日切块播种,人工条播。复合肥点施于种薯之间,有机肥均匀撒施于播种沟内。2019 年 5 月 21 日统一收获。

因素一为 3 种栽培方式(表 1)。3 种栽培方式的肥料用量按照每 6.67 m² 施加 N+P₂O₅+K₂O 共 0.45 kg 进行等量换算。(1)有机栽培(A1)^[11]使用生物有机肥,用量为 900 kg·667 m²,病虫害以物理防治为主,不使用化学农药,露地栽培。(2)绿色栽培(A2)^[12-13]采用复合肥与有机肥配施,复合肥用量为 70 kg·667 m²,有机肥用量为 300 kg·667 m²,限制使用化学农药,3 月 8 日使用 33%的二甲戊灵 100 mL·667 m² 封闭除草,4 月 8 日使用 80%波尔多液 100 g·667 m² 防治晚疫病,4 月 19 日使用 0.3%丁子香酚 100 mL·667 m² 防治晚疫病;覆膜栽培,地膜用量约 5 kg。(3)常规栽培(A3)^[14]使用复合肥,用量为 100 kg·667 m²,3 月 8 日使用 33%的二甲戊

表 1 试验处理

栽培方式	中薯 191 (B1)	费乌瑞它 (B2)	华薯 4 号 (B3)	东农 310 (B4)
有机栽培(A1)	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4
绿色栽培(A2)	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4
常规栽培(A3)	A3B1	A3B2(CK)	A3B3	A3B4

灵 100 mL·667 m² 封闭除草,4月8日、4月19日各使用 72%甲霜·锰锌 100 g·667 m²+60%唑醚·代森联 80 g·667 m² 防治晚疫病;覆膜栽培,地膜用量约 5 kg。因素二为 4 个品种:中薯 191(B1)、费乌瑞它(B2)、华薯 4 号(B3)、东农 310(B4)。试验以费乌瑞它常规栽培(A3B2)为对照。

1.3 测定项目及方法

田间管理参考《春马铃薯地膜覆盖栽培技术规程》^[14]。调查各处理的物候期、块茎外观性状、产量、大中薯率、单薯质量、疮痂病发病率等,方法参考《马铃薯品种试验调查记载项目及依据》^[15]。使用烘箱制备干样,将样品混合后采用比重法计算淀粉含量^[15];采用 3,5-二硝基水杨酸比色法^[16]测定还原糖含量;使用氨基酸分析仪(茚三酮柱后衍生离子交换色谱仪)测定马铃薯块茎中酸水解氨基酸含量^[17]。参考《土壤分析技术规范》^[18]检测土壤 pH 值,以及有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、有效钾含量。马铃薯收获 1 个月内进行食味评价,各处理隔水蒸煮 40~50 min,然后切成 2 cm³ 正方形块,趁热呈送品评人员品尝。食味评分按 0~10 分的评分标准分别从味道和口感两方面对马铃薯风味进行综合评价(因各处理为混合蒸煮,故不对其香气区分评价)。使用艾普 GY-4 数显果实硬度测量仪 φ11 测头对蒸熟的马铃薯进行硬度检测。早春马铃薯生产的碳源主要有:厩肥、化肥、农药、农膜、柴油和土壤 N₂O^[19-20]。碳吸收量、碳排放量、净碳汇量的计算方法和参数参考田云等^[19]的《中国农业生产净碳效应分异研究》,用以下公式表示。

$$C=c \times Y \times (1-r) / HI;$$

式中 C 为农作物的碳吸收量;c 为作物的碳吸收率;Y 为作物的经济产量;r 为作物经济产品部分的含水量;HI 为作物经济系数。

$$E=T \times \delta;$$

式中 E 为碳源的碳排放量,T 为碳源的数量,δ 为碳源的碳排放系数。

$$N=C - \sum E。$$

式中 N 为农作物的净碳汇量。

1.4 统计分析

试验数据采用 Excel 2019 软件处理数据并绘制图表,采用 DPS 7.5 软件统计和分析数据。

2 结果与分析

2.1 不同集成处理的主要物候期

2018 年 12 月至 2019 年 2 月期间湖南地区遭

遇长时间的低温雨雪天气,马铃薯起垄播种等工作受到较大影响,播期推迟 30 d;马铃薯生长期(3—5 月份)也较往年同期寡照多雨,总体出苗迟,出苗不整齐,生育期缩短约 30 d。由表 2 可以看出,不同品种马铃薯在不同栽培方式下生育期有一定的差异,出苗最早的是东农 310,最迟的是华薯 4 号;现蕾日期各品种相当;成熟最早的是中薯 191,最迟的是华薯 4 号。因此,筛选早熟马铃薯,在考虑生育期长短的同时要兼顾营养生长阶段/生殖生长阶段的时间和比例。

表 2 4 个品种的主要物候期

因素	栽培方式	品种	出苗日期/ (日/月)	现蕾日期/	开花日期/	成熟日期/	收获日期/	生育期/ d
A1		B1	27/3	9/4	/	13/5	21/5	47
		B2	26/3	10/4	30/4	15/5	21/5	50
		B3	31/3	9/4	24/4	20/5	21/5	50
		B4	24/3	11/4	/	15/5	21/5	52
A2		B1	26/3	12/4	/	9/5	21/5	44
		B2	25/3	9/4	28/4	13/5	21/5	49
		B3	30/3	9/4	22/4	21/5	21/5	52
		B4	22/3	9/4	/	16/5	21/5	55
A3		B1	23/3	12/4	/	9/5	21/5	47
		B2(CK)	25/3	11/4	28/4	14/5	21/5	50
		B3	30/3	10/4	24/4	19/5	21/5	50
		B4	22/3	10/4	/	15/5	21/5	54

注:“/”代表不开花。

2.2 品种块茎外观性状

由表 3 可知,4 个品种的马铃薯薯形为椭圆形或圆形,薯肉黄色或白色;东农 310 芽眼红色,稍深;华薯 4 号外观独特,芽眼带有紫色花纹,但其块茎较容易褐变。

表 3 4 个品种块茎外观性状表现

品种	薯形	薯皮颜色	薯肉颜色	芽眼颜色	芽眼深浅	氧化褐变
B1	椭圆形	黄	黄	无	浅	无
B2	椭圆形	黄	黄	无	浅	无
B3	椭圆形	黄紫	白	紫	浅	中度褐变
B4	圆形	浅黄	白	红	中	无

2.3 不同集成处理的主要田间表现

由表 4 可以看出,3 种不同栽培方式间出苗率无显著差异;不同品种间东农 310 出苗率最高,达 94.67%,其次是费乌瑞它。3 种不同栽培方式间株高无显著差异;华薯 4 号平均株高达 47.62 cm,显著高于其他 3 个品种。栽培方式和品种对主茎数存在互作($p=0.03, F=2.92 > F_{0.05}=2.56$),中薯 191 绿

表4 品种与栽培方式对马铃薯主要农艺性状的影响

因素	出苗率/%	株高/cm	主茎数	疮痂病 发病率/%	小区产量/ (kg·6.67 m ⁻²)	大中薯率/%	单薯质量/g
A1	75.00±19.31 a	40.32±6.60 a	2.92±0.44 a	1.04±1.97 b	9.96±2.71 b	71.53±14.58 a	51.54±13.28 b
A2	80.17±21.31 a	41.80±6.15 a	3.42±1.20 a	3.78±6.61 ab	13.92±2.34 a	79.40±11.31 a	64.33±12.77 a
A3	80.67±20.24 a	41.35±5.43 a	3.47±0.73 a	4.78±6.55 a	13.72±2.12 a	79.58±6.32 a	60.37±9.76 ab
B1	84.22±10.89 b	41.04±5.93 b	3.56±0.90 ab	2.06±5.17 b	14.01±2.98 a	79.16±11.65 a	62.39±11.80 a
B2	88.22±7.10 b	37.93±2.59 b	2.67±0.56 c	0.28±0.83 b	13.72±1.64 a	80.54±9.42 a	60.96±9.21 a
B3	47.33±4.00 c	47.62±3.79 a	3.07±0.57 bc	0.99±2.01 b	12.69±2.55 a	72.68±14.11 a	54.56±17.68 a
B4	94.67±3.87 a	38.02±5.31 b	3.78±0.97 a	9.47±6.59 a	9.72±2.77 b	74.96±10.87 a	57.09±12.10 a
A1B1	73.33 b	40.13 cd	3.00 bc	0.00 c	11.02 de	76.30 ab	59.57 abc
A1B2	85.33 a	38.87 d	2.87 bc	0.00 c	12.04 bcde	80.73 ab	59.30 abc
A1B3	47.33 c	46.20 abc	2.93 bc	0.00 c	10.29 e	64.53 b	42.60 c
A1B4	94.00 a	36.07 d	2.87 bc	4.17 bc	6.49 f	64.53 b	44.70 bc
A2B1	92.67 a	41.73 bcd	4.53 a	0.00 c	15.91 a	77.57 ab	62.90 abc
A2B2	88.00 a	35.93 d	2.33 c	0.83 c	14.98 ab	85.53 a	66.87 a
A2B3	46.00 c	49.93 a	2.80 c	0.00 c	14.03 abc	73.60 ab	62.97 ab
A2B4	94.00 a	39.60 d	4.00 ab	14.27 a	10.78 e	80.90 ab	64.60 ab
A3B1	86.67 a	41.27 bcd	3.13 bc	6.17 bc	15.10 a	83.60 ab	64.70 ab
A3B2(CK)	91.3 a	39.00 d	2.80 c	0.00 c	14.15 abc	75.37 ab	56.70 abc
A3B3	48.67 c	46.73 ab	3.47 abc	2.97 c	13.74 abcd	79.90 ab	58.10 abc
A3B4	96.00 a	38.40 d	4.47 a	9.97 ab	11.88 cde	79.43 ab	61.97 abc
AxB P 值	0.17	0.67	0.03	0.17	0.75	0.56	0.64
AxB F 值	1.71	0.68	2.92	1.71	0.58	0.83	0.71

注:A代表此栽培方式下各品种的平均值,B代表此品种在各栽培方式下的平均值。不同小写字母表示不同品种或处理在0.05水平差异显著。

色栽培(A2B1)和东农310常规栽培(A3B4)主茎数较多。3种栽培方式均有疮痂病发生,有机栽培疮痂病发病率显著低于常规栽培,东农310疮痂病发病率显著高于其他3个品种。栽培方式和品种都会对马铃薯产量有影响,有机栽培小区产量显著低于绿色栽培和常规栽培,东农310小区产量显著低于其他3个品种,中薯191绿色栽培(A2B1)小区产量最高,为15.91 kg。3种栽培方式的大中薯率无显著差异;4个品种的大中薯率也无显著差异,均在72.68%~80.54%。栽培方式会对单薯质量有一定影响,绿色栽培的单薯质量最大,有机栽培单薯质量最小;4个品种的单薯质量无显著差异,均在54.56~62.39 g。

由表5可以看出,无论何种栽培方式,东农310的淀粉含量、粗蛋白含量和游离氨基酸含量高于其他3个品种。其中,东农310有机栽培(A1B4)的淀粉含量最高,为18.98%;东农310的3种栽培方式粗蛋白含量一样,均为1.18%;东农310常规栽培(A3B4)的游离氨基酸含量最高,为1.79%。按0~10分的评分标准对马铃薯各处理进行食味评价,东农310有机栽培食味评分最高,为6.94分,较对照高

表5 品种与栽培方式对马铃薯品质性状的影响

栽培 方式	品种	w(淀粉)/ %	w(还原 糖)/%	w(粗蛋 白)/%	w(游离 氨基 酸)/%	食味 评分	硬度 (kg·cm ⁻²)
A1	B1	10.62	0.08	1.04	0.95	5.94	0.33
	B2	8.43	0.16	0.96	1.17	6.59	0.64
	B3	11.75	0.13	1.13	1.05	6.71	1.20
	B4	18.98	0.25	1.18	1.65	6.94	1.33
A2	B1	12.22	0.15	1.07	1.34	6.00	0.76
	B2	11.42	0.27	1.05	1.40	6.53	0.65
	B3	9.51	0.12	1.07	1.21	6.53	1.10
	B4	13.74	0.10	1.18	1.69	6.29	0.88
A3	B1	13.54	0.10	1.07	1.28	6.00	0.58
	B2(CK)	10.85	0.04	1.05	1.06	5.88	0.61
	B3	10.62	0.04	1.04	1.65	6.59	0.85
	B4	17.86	0.04	1.18	1.79	6.88	0.70

1.06分;费乌瑞它常规栽培食味评分最低,为5.88分。东农310有机栽培硬度最高,为1.33 kg·cm⁻²;中薯191有机栽培(A1B1)硬度最低,为0.33 kg·cm⁻²。

2.4 不同集成处理的品质性状表现

淀粉、还原糖、粗蛋白、游离氨基酸含量为马铃薯营养指标,食味评分、硬度为马铃薯风味指标,对这些指标进行相关性分析。由表6可以看出,淀粉

表6 块茎食味评分与淀粉、还原糖、粗蛋白、游离氨基酸含量、硬度的相关性分析

指标	淀粉含量	还原糖含量	粗蛋白含量	游离氨基酸含量	食味评分	硬度
淀粉含量	1	0.15	0.84**	0.67*	0.42	0.35
还原糖含量	0.15	1	0.02	0.04	0.34	0.35
粗蛋白含量	0.84**	0.02	1	0.60*	0.40	0.54
游离氨基酸含量	0.67*	0.04	0.60*	1	0.53	0.31
食味评分	0.42	0.34	0.40	0.53	1	0.65*
硬度	0.35	0.35	0.54	0.31	0.65*	1

注: *表示在 0.05 水平差异显著, **表示在 0.01 水平差异极显著。

含量与粗蛋白含量呈极显著正相关,与游离氨基酸含量呈显著正相关;粗蛋白含量与游离氨基酸含量呈显著正相关;食味评分与蒸煮后的硬度呈显著正相关。马铃薯风味与营养指标无显著相关性,但与蒸煮后质地呈显著正相关。

2.5 不同集成处理的经济效益分析

由表7可以看出,相同品种有机栽培每667 m²总成本比绿色栽培多411元,比常规栽培多468元;绿色栽培每667 m²总成本比常规栽培多57元。与费乌瑞它常规栽培(CK)相比,中薯191绿色

表7 品种与栽培方式对马铃薯成本效益的影响

栽培方式	品种	折合产量/(kg·667 m ²)	增产率/%	售价/(元·kg ⁻¹)	产值/(元·667 m ²)	种薯费/(元·667 m ²)	农药费/(元·667 m ²)	肥料费/(元·667 m ²)	机械动力费用/(元·667 m ²)	人工费/(元·667 m ²)	其他成本/(元·667 m ²)	总成本/(元·667 m ²)	利润/(元·667 m ²)	增效率/%
A1	B1	1102	-22.05	5	5510	600	0	540	200	1200	300	2840	2670	482.97
	B2	1204	-14.84	5	6020	600	0	540	200	1200	300	2840	3180	594.32
	B3	1029	-27.21	5	5145	700	0	540	200	1200	300	2940	2205	381.44
	B4	649	-54.06	5	3245	700	0	540	200	1200	300	2940	305	-33.41
A2	B1	1591	12.51	2	3182	600	25	404	400	800	200	2429	753	64.41
	B2	1498	5.94	2	2996	600	25	404	400	800	200	2429	567	23.80
	B3	1403	-0.78	3	4209	700	25	404	400	800	200	2529	1680	266.81
	B4	1078	-23.75	3	3234	700	25	404	400	800	200	2529	705	53.93
A3	B1	1510	6.78	2	3020	600	52	320	400	800	200	2372	648	41.48
	B2(CK)	1415		2	2830	600	52	320	400	800	200	2372	458	
	B3	1374	-2.76	3	4125	700	52	320	400	800	200	2472	1653	260.92
	B4	1188	-15.97	3	3564	700	52	320	400	800	200	2472	1092	138.43

栽培(A2B1)增产率最高,为12.51%;东农310有机栽培(A1B4)增产率最低,为-54.06%。有机栽培马铃薯按统购价5.0元·kg⁻¹计算,绿色栽培和常规栽培价格一致,因华薯4号(彩色)和东农310(圆形)外观品质较好,售价按3.0元·kg⁻¹计算,中薯191和费乌瑞它按2.0元·kg⁻¹计算。费乌瑞它有机栽培(A1B2)每667 m²产值最高为6020元,费乌瑞它常规栽培产值最低,为2830元·667 m²;通过成本核算得出利润最少的是东农310有机栽培,增效率

为-33.41%;费乌瑞它有机栽培利润最高,增效率为594.32%。

2.6 不同栽培方式的净碳效应分析

按马铃薯含水量70%、碳吸收率0.423、经济系数0.7计算,马铃薯有机栽培、绿色栽培、常规栽培的667 m²碳吸收量分别为88.47、123.65、121.87 kg。根据公式E=T×δ,在有机栽培中碳排放量最高的是厩肥,667 m²为24.30 kg;绿色栽培和常规栽培中667 m²碳排放量最高的是化

表8 马铃薯不同栽培方式下的碳排放量、碳吸收量及净碳汇量

碳源	碳排放系数	碳源数量/(kg·667 m ²)			碳排放量/(kg·667 m ²)			碳吸收量/(kg·667 m ²)			净碳汇量/(kg·667 m ²)			
		A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	
厩肥	0.027 0	900.00	300.00	0.00	24.30	8.10	0.00							
化肥	0.895 6	0.00	70.00	100.00	0.00	62.69	89.56							
农药	4.934 1	0.00	0.30	0.46	0.00	1.48	2.27							
农膜	5.180 0	0.00	5.00	5.00	0.00	25.90	25.90							
柴油	0.592 7	7.00	7.00	7.00	4.15	4.15	4.15							
N ₂ O	0.063 3	1.00	1.00	1.00	0.06	0.06	0.06							
合计					28.51	102.38	121.94	88.47	123.65	121.87	59.96	21.27	0.07	

肥,分别为 62.69 kg 和 89.56 kg,其次是农膜,为 25.90 kg。通过计算得出:净碳汇量最高的栽培方式是有机栽培,每 667 m² 可以固碳 55.96 kg (表 8)。虽然马铃薯有机栽培的碳吸收量低于绿色栽培和常规栽培,但有机栽培的碳排放量也远低于绿色栽培和常规栽培。

3 讨论与结论

食物的风味是指摄入口腔的食物使人的感觉器官,包括味觉、嗅觉、痛觉、触觉和温觉等所产生的感觉印象^[21]。马铃薯风味品质主要靠滋味、香气和口感来评判。品种选择、栽培方式、生产环境、贮藏条件及加工方法等都是影响马铃薯风味的主要因素。

笔者通过开展优良品种和栽培方式双因素互作试验,评价不同栽培方式和不同品种对马铃薯产量性状、外观品质、营养品质及风味品质的影响。常规栽培和绿色栽培条件下,马铃薯单薯质量较大,但有机栽培疮痂病发病率最低。郭雨鑫^[22]的试验结果表明,施用生物菌肥和黄腐酸会显著提高马铃薯株高、主茎数、茎粗、SPAD 值、块茎品质、产量、商品薯率及经济效益,同时能够显著降低马铃薯疮痂病的发病率。在笔者的研究中,品种和栽培方式对产量、疮痂病发病率共同起决定作用:中薯 191、费乌瑞它、华薯 4 号产量都显著高于东农 310,常规栽培和绿色栽培产量也显著高于有机栽培;在疮痂病发病率方面,东农 310 显著高于其他 3 个品种,常规栽培 > 绿色栽培 > 有机栽培;出苗率、株高、主茎数主要由品种特性决定;块茎大小主要由栽培方式决定。

4 个参试品种各有特点,中薯 191 和费乌瑞它作为普通品种丰产性、稳产性较好;华薯 4 号芽眼颜色特别,具有很好的标识性,可以作为天然的商标,品种的外观品质是决定马铃薯商品价值的一个重要方面,特殊的外观可以迅速吸引购买者的注意;在营养品质方面,东农 310 淀粉、粗蛋白和游离氨基酸含量均明显高于其他品种;在风味品质方面,东农 310 有机栽培食味评分最高,质地紧实,口感绵糯,没有酸涩味。通过相关性分析发现,风味品质和营养品质无显著相关性,与蒸煮后块茎硬度呈显著正相关。黄越^[23]的研究也表明,营养品质最好的品种蒸食品质并没有得到较高的评价,但经过蒸制的马铃薯块茎硬度和咀嚼性与淀粉含量呈极显著正相关,淀粉含量越高,硬度越大。而刘娟^[24]的研究

表明,块茎的硬度主要与块茎中干物质、纤维和果胶含量相关,干物质含量并不能单独决定鲜薯的硬度。

通过合理选择品种、栽培方式,可以有效提高马铃薯食味品质。傅童成等^[25]报道施肥、栽培技术、土壤类型、土壤温度和水分对马铃薯营养品质和加工食用品质均有影响。黄越等^[9]对 84 份育种后代无性系材料进行了营养品质和蒸食品质的评价,筛选出 22 份适宜蒸食的后代无性系材料。本研究中,在有机栽培和常规栽培下,东农 310 食味评分最高,营养品质最好,但产量低。综合考虑成本效益,费乌瑞它有机栽培利润最高,增效率 594.32%,食味品质也较好。

农业兼具碳源和碳汇双重属性,如何不断拓宽减排增汇途径,更好地推进农业生产向低碳转型,是现代农业生产的重要课题^[26]。笔者通过比较 3 种栽培方式的净碳效应发现,马铃薯有机栽培的净碳汇量明显高于绿色栽培和常规栽培,虽然绿色栽培和常规栽培固碳能力较强,但碳排放量也较高,尤其是化肥的碳排放量占比达到 61.23%~73.99%,所以“两减”首先要减施化肥。在笔者的研究中,有机栽培每 667 m² 农药使用量为 0,绿色栽培和常规栽培的农药使用量也只有 300 mL 和 460 mL,这是因为早春种植、稻薯轮作、覆膜栽培的集成方式不利于病虫草害的发生,大大减轻了用药压力。但按碳源数量计算的碳排放量不能完全作为农药对环境影响的依据,药效、农药残留等方面也应考虑其中。有机栽培虽然理论效益高,但成本高、对环境、技术要求高、种植风险大,受众狭窄,目前较难普及;与常规栽培相比,绿色栽培用有机肥等量代替 30%化肥、用矿物源和植物源杀菌剂代替化学合成农药,使产品安全风险降低,对环境更友好,而且对中薯 191、费乌瑞它、华薯 4 号有一定增产效果。在笔者的研究中,绿色栽培使用的芽前除草剂属于化学合成农药,为减少土壤污染和碳源排放,可使用黑膜覆盖代替,黑膜覆盖有较好的抑草效果,但较白膜覆盖生育期推迟一周左右。

在预试验阶段,笔者通过食味评分筛选出 4 个代表不同分数段的马铃薯品种作为试材,在正式试验中,这种食味上的差距虽然能有所体现,但产量上的差距反而更加突出,在今后的研究中应该注意到材料的适应性问题,尽量选择大面积推广的品种。另外,有机肥的种类和用量也是减排增效的关键因素,下一步笔者将针对这方面的内容开展相关

研究。

在笔者的研究中,绿色栽培适用于大多数马铃薯品种,使用有机肥代替部分化肥、精准用药、安全用药,增产效果显著,并达到提质、增效、减碳的目的,可进一步示范推广。

参考文献

- [1] 第一农经.绿色高质量发展是马铃薯产业发展的重要方向[EB/OL].(2021-7-29)[2021-8-11].<http://news.1nongjing.com/202107/264048.html>.
- [2] 佚名.马铃薯“双减项目”的背景与研究内容介绍[EB/OL].(2019-1-16)[2022-3-13].https://www.sohu.com/a/289307050_733533.
- [3] 罗照霞,窦俊焕,吕汰,等.不同肥料对马铃薯产量、品质和经济效益的影响[J].中国马铃薯,2019,33(3):159-164.
- [4] 宿秀丽,方治国,张杰,等.不同肥料对马铃薯产量及品质的影响[J].湖北农业科学,2019,58(23):60-62.
- [5] 赵强,朱杰华,刘芳明,等.河北省马铃薯早疫病和晚疫病农药减施防控技术研究[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会.马铃薯产业与精准扶贫 2017.哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2017:449-455.
- [6] 卢军帅,李文林,胡福平,等.两种施药方式减药对马铃薯晚疫病防效的影响[J].中国植保导刊,2018,38(10):69-71.
- [7] 田恒林,沈艳芬,肖春芳,等.防治马铃薯晚疫病新药剂:丁子香酚[J].中国马铃薯,2013,27(3):162-165.
- [8] 耿友玲,徐强,陈银根,等.作物品质性状的分子遗传改良[J].分子植物育种,2008,6(4):749-759.
- [9] 黄越,石瑛.不同马铃薯品种淀粉及蒸食品质的差异[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会.马铃薯产业与精准扶贫 2017.哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2017:248-253.
- [10] 王颖,孟丹丹,潘哲超,等.马铃薯食味性状评价指标研究[J].分子植物育种,2019,17(18):6104-6114.
- [11] 国家环境保护总局.有机食品技术规范:HJ/T 80-2001[S].北京:中国标准出版社,2001.
- [12] 安徽省质量技术监督局.绿色食品(A级)马铃薯生产技术规程:DB34/T 1094-2009[S].合肥:安徽科学技术出版社,2009.
- [13] 中华人民共和国农业部.绿色食品 薯芋类蔬菜:NY/T 1049-2015[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [14] 湖南省质量技术监督局.春马铃薯地膜覆盖栽培技术规程:DB43/T 02-2009[S].长沙:湖南科学技术出版社,2009.
- [15] 中华人民共和国农业部.农作物品种试验技术规程 马铃薯:NY/T 1489-2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [16] 朱海霞,石瑛,张庆娜,等.3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法测定马铃薯还原糖含量的研究[J].中国马铃薯,2005,19(5):266-269.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定:GB 5009.124-2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [18] 全国农业技术推广服务中心.土壤分析技术规范[M].2版.北京:中国农业出版社,2006.
- [19] 田云,张俊飏.中国农业生产净碳效应分异研究[J].自然资源学报,2013,28(8):1298-1309.
- [20] 孔立,朱立志.马铃薯生产的碳排放优势研究:基于农业投入品和 LMDI 模型的实证分析[J].农业技术经济,2016(7):111-121.
- [21] 陈昱利,杨平,巩法江,等.2005年以来国家审定马铃薯品种主要农艺和品质性状演变规律研究[J].农业科技通讯,2019(4):78-82.
- [22] 郭雨鑫.生物源肥料对马铃薯生长、产量及品质的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2018.
- [23] 黄越.马铃薯块茎营养及蒸食品质的评价与优良材料的筛选[D].哈尔滨:东北农业大学,2017.
- [24] 刘娟.马铃薯种质资源加工性状评价及品种筛选[D].兰州:甘肃农业大学,2018.
- [25] 傅童成,唐朝臣,焦大春,等.栽培技术对马铃薯营养和食用品质的影响[J].中国马铃薯,2020,34(6):366-373.
- [26] 田云,尹恣昊.产业集聚对中国农业净碳效应的影响研究[J].华中农业大学学报(社会科学版),2021,153(3):107-118.