东北农业科学　2025，50（5）：71-75
Journal of Northeast Agricultural Sciences　DOI: 10.16423/j.cnki.1003-8701.2025.05.012

设施内秸秆覆盖对马铃薯商品性及土壤理化性质的影响

李　闯，王　昱，郭晓威，袁宝祺，姚　琪，王庆峰，王忠伟*
(吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心)，长春 130033)

摘　要：为实现资源的高效利用与拓展设施农业发展空间，本研究探讨了秸秆覆盖替代地膜应用于设施马铃薯生产的可行性。研究采用随机区组田间试验设计，以玉米、水稻秸秆为覆盖材料，分析了不同秸秆类型及覆盖量对马铃薯产量、品质及土壤理化性质的影响，探讨了设施条件下秸秆覆盖栽培技术的应用价值。结果表明，在设施条件下，玉米秸秆覆盖量为8 500 kg/hm^{2}的处理能够明显提高马铃薯的产量和商品性，并有效改善土壤环境。研究证实，马铃薯免耕覆盖栽培技术作为一种轻简高效的栽培模式，能够节省人工成本和生产时间，有效缓解资源浪费和环境污染问题，适合在吉林省及类似区域进行推广应用。

关键词：马铃薯；设施栽培；秸秆覆盖；产量；环境效益
中图分类号：S532.01　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：2096-5877（2025）05-0071-05

Effects of Straw Mulching in Protected Facilities on Potato Commercial Quality and Soil Physicochemical Properties

LI Chuang, WANG Yu, GUO Xiaowei, YUAN Baoqi, YAO Qi, WANG Qingfeng, WANG Zhongwei*
(*Jilin Academy of Agricultural Sciences*(*Northeast Agricultural Research Center of China*), *Changchun* 130033, China)

Abstract: To achieve efficient resource utilization and expand facility agriculture development, this study explored the feasibility of replacing plastic film with straw mulching in potato production under facility conditions. A randomized block field experiment was conducted using corn and rice straw as mulching materials, investigating the effects of different straw types and mulching amounts on potato yield, quality, and soil physicochemical properties, as well as assessing the value of straw mulching technology under facility conditions. The results showed that, under facility conditions, corn straw mulching at a rate of 8500 kg/ha significantly improved potato yield and marketability, effectively enhancing soil conditions. The study confirmed that the potato no-till mulching cultivation technique, as a simple and efficient agricultural practice, can significantly reduce labor costs and production time while mitigating resource waste and environmental pollution, making it suitable for promotion in Jilin Province and similar regions.

Key words: Potato; Facility cultivation; Straw mulching; Yield; Environmental benefit

马铃薯块茎富含淀粉、干物质、蛋白质及维生素C等营养成分，深受消费者青睐。目前，马铃薯已成为我国最具发展潜力的高产作物之一。此外，世界上约有三分之二的国家均种植马铃薯，种植范围大，种植面积仅次于玉米等主要粮食作物，具有重要的经济价值和广阔的发展前景[1-2]。作为北方地区重要作物，马铃薯产业在我国现代农业发展中占据着举足轻重的地位，具有重要的经济、生态及社会价值[3]。

农田秸秆作为作物的重要组成部分，富含多种营养元素，是一种独特且丰富的自然资源，同时也是土壤有机质的主要来源[4-5]。目前，吉林省秸秆产量较高，但受成本和技术等因素限制，利用效率尚未达到理想水平[6-7]。部分秸秆被用于还田、饲料或燃料，而大部分则以焚烧的方式进行处理[8]。秸秆焚烧不仅会造成环境污染和资源浪费，还会降低土壤中有机碳的含量，破坏微生物群落结构。长期来

收稿日期：2025-01-22
基金项目：吉林省农业科技创新工程项目（CXGC2023RCB008）
作者简介：李　闯(1984-)，副研究员，硕士，主要从事马铃薯栽培研究。
王　昱为并列第一作者。
通信作者：王忠伟，E-mail: 13757127666@163.com

看，这将导致土壤板结、肥力下降和土壤持水能力减弱，逐步破坏土壤生态系统，最终引发农作物减产等一系列问题[9-10]。因此，探索科学、合理的秸秆利用途径，对改善土壤质量、提升农业生产效益及促进生态环境保护具有重要意义。

为此，针对吉林省农田秸秆资源丰富但利用率较低的现状，本研究采用玉米秸秆和水稻秸秆覆盖免耕栽培技术，探讨不同秸秆类型及其覆盖厚度对作物生长和土壤理化性质的影响。该方法操作简便、易于实施，具有省工节本的优点[11]。秸秆覆盖不仅能够有效保水保肥，还能改善作物生长和结薯环境，使土壤通风透气，有利于马铃薯块茎的膨大，从而提升产量[12-13]。在良好的栽培条件下，秸秆覆盖种植的马铃薯具有规格统一、外观平整、破损率低、商品性好的优势，进一步提升其市场价值[14]。此外，该技术还能有效减少秸秆焚烧带来的环境污染，降低农药、化肥及除草剂的使用量，实现马铃薯生产的高产、优质、高效与安全，为农业可持续发展提供支撑[15-16]。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设于吉林省公主岭市范家屯吉林省农业科学院经济植物研究所试验区，采用58 m×12 m×5.2 m的塑料大棚，结构牢固，抗雪灾能力强。大棚两侧塑料膜与垄底保持25 cm间距，并用压膜线固定，确保加温效果。棚内2 m高处设置喷头，每5 m^{2}设1个，方便灌溉。试验区土壤为壤土，肥力中等，地势平坦，位于松辽平原中部(东经125°07′，北纬43°46′)，气候为温带大陆性季风气候。年均气温5.9 ℃，年降水量613 mm，集中在7–8月，无霜期约135 d，积温约3 000 ℃·d，具备良好的农业生产条件。

1.2 试验材料

供试马铃薯品种为吉薯1号，由吉林吉科生物高技术有限公司提供。所用种薯一级种，选用30~40 g的健康小薯整播或切薯播种。播种前需剔除存在机械损伤、冻害及病虫害的薯块。播种前20~30 d在室内或室外催芽，温度保持在15~20 ℃，平铺2~3层，当幼芽长至0.5~1 cm时将种薯摊开于室外，置于散光处，经3~5 d，使其芽长出绿色、粗壮，即可播种。

玉米秸秆由当地农户提供。水稻秸秆由吉林省农业科学院水稻研究所提供，覆盖秸秆长度≤30 cm。

1.3 试验设计

本试验采用随机完全区组设计，设定不同的秸秆覆盖量。玉米秸秆的覆盖量分别为S1∶4 250 kg/hm^2、S2∶8 500 kg/hm^2、S3∶17 000 kg/hm^2；水稻秸秆的覆盖量分别为F1∶2 000 kg/hm^2、F2∶4 000 kg/hm^2、F3∶8 000 kg/hm^2；对照组∶CK(不覆盖)。共设置7个处理，每个处理包含5个垄，每个垄长为10 m、宽度为60 cm，株距为20 cm，每个小区面积为30 m^2，且留有1 m过道。每个处理重复3次。

1.4 种植方法

当棚内土壤温度达到12 ℃以上时及时播种。开沟深度5~10 cm，基肥根据土壤肥力施入，加675~750 kg/hm^{2}的马铃薯专用肥(N:P:K=15:10:20)，与土壤混匀并耙平。主要追施无机肥，施尿素16 kg/hm^2、磷酸二铵4 kg/hm^2、硫酸钾24 kg/hm^2，分4次进行。使用孔距为20 cm的滴灌管，覆盖玉米秸秆10~12 cm。

秸秆覆盖有降温和增温双重效应，保持棚内温度出苗期白天20~26 ℃，苗齐后白天18 ~ 22 ℃，夜间12~14 ℃。白天气温20 ℃，夜间12 ℃时通风，出苗前避免灌溉。幼苗期土壤湿度保持在50%~60%，块茎膨大期需保持土壤湿润，湿度为80%~85%。植株茎叶变黄棕色时收获，采用分级采收法，先大后小，以茎叶为原料，秸秆还田。

1.5 数据测定与测产

选取的土壤理化性质包括土壤密度，毛管孔隙度，总孔隙度，含水量，有机质，氮、磷、钾含量。土壤密度和孔隙度采用环刀法测定；土壤有机质含量通过重铬酸钾氧化法进行定量分析；氮含量采用半微量凯氏定氮法测定；磷含量通过氢氧化钠熔融后钼锑抗显色法进行检测；钾含量通过氢氧化钠浸提与火焰光度计联用技术进行评估。使用管式多参数含水率温度监测仪监测8、15、25、35 cm深度的土壤水分含量，每2 h记录1次数据。待马铃薯成熟后，收获测产区内所有马铃薯块茎，记录单株结薯数及单株薯块重，以小区为单位称量马铃薯产量，并折算为公顷产量。淀粉含量采用碘比色法测定。

2 结果与分析

2.1 秸秆覆盖对土壤化学性质的影响

土壤中蕴含的营养元素是植物生长的必要条件，这些元素通过转化或以原始形式存在于土壤中，可被植物根系吸收，成为其生长所需的矿物质营养。从秸秆覆盖量与覆盖材料的交互效应来看，S2处理的土壤化学指标较对照组CK均有提

高。各处理组的有机质、速效钾和水解性氮的含量均高于CK,表明秸秆覆盖在腐解过程中能够提高土壤养分含量,增强土壤肥力。总体而言,当玉米秸秆覆盖量为8 500 kg/hm^{2}时,提高了玉米秸秆覆盖的土壤中养分含量(表1)。

表1 不同处理对土壤化学性质的影响

Table 1 Effects of different treatments on soil chemical properties

处理 Treatment	有机质/g·kg^{-1} Organic matter	有效磷/mg·kg^{-1} Available phosphorus	速效钾/mg·kg^{-1} Available potassium	水解性氮/mg·kg^{-1} Hydrolyzable nitrogen
F1	26.6	158.3	157	139.57
F2	27.3	151.2	153	154.31
F3	25.1	154.1	143	130.42
S1	30.4	179.3	165	169.27
S2	31.2	197.5	189	179.31
S3	27.2	164.7	152	143.98
CK	25.4	153.5	142	130.11

2.2 秸秆覆盖对土壤物理性质的影响

土壤物理性质影响植物根系的生长,微生物的活动及土壤中空气、水分和养分的协调,直接影响着土壤的肥力状况。从秸秆覆盖量和覆盖材料互作效应看,S2处理的土壤密度与对照CK相比提高最大,且总孔隙度最小,土壤含水量最大。F3土壤密度低于对照,土壤含水量与对照相比更小。总体来看,秸秆覆盖量在8 500 kg/hm^{2}时,在设施内玉米秸秆覆盖下土壤密度更大,总孔隙度更小,从而使含水量更多(表2)。

表2 不同处理对土壤物理性质的影响

Table 2 Effects of different treatments on soil physical properties

处理 Treatment	土壤密度/g·cm^{-3} Soil bulk density	毛孔孔隙度/% Capillary porosity	总孔隙度/% Total porosity	土壤含水量(0~20 cm)/% Soil moisture content
F1	1.18	35.51	53.32	15.43
F2	1.29	34.62	50.44	15.52
F3	1.03	44.92	56.01	14.21
S1	1.27	32.95	50.23	16.64
S2	1.32	32.41	48.94	17.42
S3	1.16	35.73	53.21	15.75
CK	1.05	39.53	55.83	14.63

2.3 秸秆覆盖对马铃薯产量的影响

马铃薯的产量主要由单位面积上的株数和单株结薯重量构成,二者直接影响马铃薯的最终产量。探究秸秆覆盖量和覆盖材料对马铃薯产出的联合作用,S2处理方案的马铃薯产量达到最高,与CK相比产量提高了16.22%。F1、F2、S1与对照CK相比,产量均有提高。总体来看,秸秆覆盖能有效提高马铃薯产量。其中,当玉米秸秆覆盖量在8 500 kg/hm^{2}时,可提高马铃薯产量,能够有效提供给马铃薯植株养分,从而促进马铃薯块茎膨大(表3)。

表3 不同处理对马铃薯产量的影响

Table 3 Effect of different treatments on potato yield

处理 Treatment	产量/t·hm^{-2} Yield
F1	38.00
F2	39.33
F3	34.45
S1	42.69
S2	43.57
S3	27.00
CK	37.49

2.4 秸秆覆盖对马铃薯块茎淀粉含量的影响

从秸秆覆盖量与覆盖材料的交互效应来看,S2处理的马铃薯块茎淀粉含量最高,达到

17.55%，较对照组CK提高了27.55%，F1、F2、S1和S3处理的马铃薯块茎淀粉含量也均高于对照。总体而言，玉米秸秆覆盖量为8 500 kg/hm^{2}时，马铃薯的淀粉含量最高。综上所述，使用玉米秸秆覆盖，尤其是在8 500 kg/hm^{2}的覆盖下，能够提高马铃薯块茎中的淀粉含量，从而提升马铃薯的品质(表4)。

表4 不同处理对马铃薯淀粉含量的影响

Table 4 Effects of different treatments on potato starch content

处理 Treatment	淀粉含量/% Starch
F1	15.63
F2	15.74
F3	13.21
S1	16.54
S2	17.55
S3	14.67
CK	13.77

3 讨论与结论

3.1 设施内秸秆覆盖对马铃薯产量的影响

秸秆覆盖不仅增加作物产量，而且也能够提高作物品质，秸秆覆盖对土壤肥力的调控可能影响种子萌发和幼苗生长。玉米秸秆覆盖马铃薯增产效果最明显，比设施内无覆盖栽培增产16.22%。秸秆覆盖能够为马铃薯植株提供一个良好的生长环境，改善马铃薯生长的性状及生理特征，从而增加产量，提高品质。改善在设施内马铃薯植株各个生长阶段的性状及生理特征，玉米秸秆还田可以培肥地力，减少化肥施用和农业土地污染，有效地提高马铃薯的产量，该覆盖模式适合闲置设施内马铃薯生产。各处理产量表现为玉米秸秆覆盖量8 500 kg/hm^2>玉米秸秆覆盖量4 250 kg/hm^2>水稻秸秆覆盖量4 000 kg/hm^2>水稻秸秆覆盖量2 000 kg/hm^2>玉米秸秆覆盖量17 000 kg/hm^2>对照>水稻秸秆覆盖量8 000 kg/hm^2。水稻秸秆覆盖量过大影响秸秆腐解速率，给予土壤养分少，马铃薯植株地下部产生逆环境影响马铃薯产量。玉米秸秆覆盖量8 500 kg/hm^{2}时马铃薯产量最高，为43.57 t/hm^2，水稻秸秆覆盖量为4 000 kg/hm^{2}时马铃薯产量最高，为39.33 t/hm^2。

3.2 设施内秸秆覆盖对马铃薯块茎淀粉含量的影响

马铃薯淀粉含量的多少会直接影响其营养价值，不同的秸秆还田对马铃薯的营养组成有很大的影响。淀粉的积累速度与施加的磷肥用量紧密相关，适当的秸秆覆盖结合减少磷肥的使用，可以激发植物生长活力和代谢机能，进而增强淀粉的积累效率。玉米秸秆覆盖量为8 500 kg/hm^{2}时块茎的淀粉含量最高。各处理表现为玉米秸秆覆盖量8 500 kg/hm^2>玉米秸秆覆盖量4 250 kg/hm^2>水稻秸秆覆盖量4 000 kg/hm^2>水稻秸秆覆盖量2 000 kg/hm^2>玉米秸秆覆盖量17 000 kg/hm^2>对照水稻秸秆覆盖量8 000 kg/hm^2。在磷元素供应不足的情况下，植物的生长发育和养分吸收能力受限，进而影响光合作用的效率，使得用于合成淀粉的原料和必需的能量减少，导致淀粉的累积速率下降。

3.3 设施内秸秆覆盖对土壤环境的影响

维持适宜的土壤有机质水平及确保养分高效循环，对于土壤管理和提升农业生产效能具有重要意义。秸秆覆盖能够为土壤提供有机质，使土壤肥力增大。秸秆还田腐解还增加了土壤有机质的积累，加快有机碳矿化速率，从而改善了盐碱土壤理化性质。秸秆还田量较高时，能对土壤产生积极效果。在玉米秸秆覆盖量为8 500 kg/hm^{2}时，有机质、有效磷、速效钾和水解氮含量提高了22.83%、28.66%、33.09%和37.81%。在玉米秸秆覆盖量为17 000 kg/hm^{2}时，高还田量与对照的差异不明显，其原因是秸秆还田量过高造成土壤碳氮比失衡，秸秆腐解时受到负效应影响。水稻秸秆较玉米秸秆的含碳量低，对土壤的养分补充较玉米秸秆效益低，同时，腐解的秸秆能够有效地增加土壤密度，使土壤含水量明显提高，为马铃薯植株提供充足水分。

本研究选取吉薯1号作为研究对象，探讨了不同秸秆覆盖比例下两种秸秆类型对马铃薯生长与发育的影响，为提升马铃薯的品质与产量提供科学依据。综合比较结果表明，玉米秸秆覆盖量为8 500 kg/hm^{2}的处理效果最佳。作为保护性耕作的重要组成部分，马铃薯农田秸秆覆盖栽培技术不仅能有效利用水稻育苗后闲置的设施、提升农田秸秆废弃物的利用率、改善土壤肥力与保水能力、减少土壤侵蚀，还能促进马铃薯的高产与商品性，为农业可持续发展提供支持，并为农民增收创造有效途径。

参考文献：

[1] LOPES M B, WADE T, EKREM O, et al. Short-Term crop residue management in no-tillage cultivation effects on soil quality indicators in virginia[J]. Agronomy, 2023, 13(3): 838.

[2] 阳新月,陈子恒,向颖,等.玉米秸秆还田方式对马铃薯生长及产量的影响[C].中国作物学会马铃薯专业委员会.马铃薯产业与大食物观(2024).重庆:西南大学农学与生物科技学院,薯类生物学与遗传育种重庆市重点实验室,重庆市巫溪县农业技术推广中心,2024:2.
YANG X Y, CHEN Z H, XIANG Y, et al. The impact of corn straw returning methods on potato growth and yield[C]. China Crop Society Potato Professional Committee. Potato Industry and the Big Food Perspective(2024). College of Agriculture and Biotechnology, Southwest University; Chongqing Key Laboratory of Potato Biology and Genetic Breeding; Wuxi County Agricultural Technology Extension Center, Chongqing, 2024: 2. (in Chinese)

[3] 张淑敏.秸秆还田与地膜覆盖对马铃薯-玉米-马铃薯产量的影响[D].泰安:山东农业大学,2016.
ZHANG S M. Coupling effects of residue returning and film mulching on yield of potato-waxy maize-potato[D].Taian: Shandong Agricultural University, 2016. (in Chinese)

[4] 陈子恒.化肥结合玉米秸秆施用对土壤肥力及马铃薯产量的影响[D].重庆:西南大学,2022.
CHEN Z H.Effects of fertilizer combined with corn stalk application on soil fertility and potato yield[D]. Chongqing: Southwest University, 2022. (in Chinese)

[5] LI H, LIU P, ZHANG H, et al. Corn straw mulching mechanized no-tillage approach optimizes farmland soil temperature to increase potato yield in regions of northwestern China[J]. Agronomy, 2024, 14(11): 2483.

[6] 康端礼,李继明.玉米秸秆还田对旱地土壤肥水及马铃薯的影响[J].甘肃农业科技,2013(10):24-26.
KANG D L, LI J M. Impact of corn straw returning to field on fertilization, water management and potato cultivation in dryland soil[J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 2013(10): 24-26. (in Chinese)

[7] WAHEED A, LI C, MUHAMMAD M, et al. Sustainable potato growth under straw mulching practices[J]. Sustainability, 2023, 15(13): 10442.

[8] 余志刚,王笑田,崔钊达,等.秸秆还田技术应用是否减少了化肥面源污染?[J].农业现代化研究,2023,44(5):834-844.
YU Z G, WANG X T, CUI Z D, et al. Does the application of straw returning to field technology reduce fertilizer non-point source pollution? [J]. Research of Agricultural Modernization, 2023, 44(5): 834-844. (in Chinese)

[9] 李濛池,韩伟,刘雅萍,等.高寒黑土区不同耕作与秸秆还田方式对马铃薯营养成分及产量的影响[J].南方农业,2024,18(19):8-12.
LI M C, HAN W, LIU Y P, et al. Effects of different tillage and straw returning methods on the nutritional composition and yield of potatoes in alpine black soil regions[J]. South China Agriculture, 2024, 18(19): 8-12. (in Chinese)

[10] 严奉君,李登才,董智瑞,等.水稻秸秆覆盖与氮素施用水平对冬播马铃薯块茎产量的影响[J].中国马铃薯,2022,36(4):296-306.
YAN F J, LI D C, DONG Z R, et al. Effects of rice straw mulching and nitrogen application level on tuber yield of winter sowing potato[J]. Chinese Potato Journal, 2022,36(4): 296-306. (in Chinese)

[11] 姜宗庆,封超年,黄联联,等.施磷量对弱筋小麦扬麦9号籽粒淀粉合成和积累特性的调控效应[J].麦类作物学报,2006,26(6):81-85.
JIANG Z Q, FENG C N, HUANG L L, et al. Grain starch formation characteristics as affected by phosphorus application in weak-gluten wheat Yangmai 9[J]. Journal of Triticeae Crops, 2006, 26(6): 81-85. (in Chinese)

[12] 苏明,吴佳瑞,洪自强,等.西北半干旱区马铃薯块茎淀粉形成及产量对磷肥减量的响应[J].作物学报,2025,51(3):713-727.
SU M, WU J R, HONG Z Q, et al. Response of potato tuber starch formation and yield to phosphorus fertilizer reduction in the semi-arid region of Northwest China[J]. Acta Agronomica Sinica, 2025, 51(3): 713-727. (in Chinese)

[13] 吴佳瑞.马铃薯块茎淀粉积累和产量形成对不同施磷量的响应机理[D].银川:宁夏大学,2020.
WU J R.Response of potato starch accumulation and yield formation to different phosphorus application rates[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2020. (in Chinese)

[14] 贡丹敏.钾肥种类对马铃薯生长及镉积累的影响[D].长沙:湖南农业大学,2023.
GONG D M. Effects of potassium fertilizer types on potato growth and cadmium accumulation[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2023. (in Chinese)

[15] 薛紫妍,董静,邢锦城,等.连续增施有机肥对贫瘠土壤肥力和作物产量的影响[J].现代农业科技,2025(1):117-121.
XUE Z Y, DONG J, XING J C, et al. Effects of continuous application of organic fertilizer on poor soil fertility and crop yield[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2025(1): 117-121. (in Chinese)

[16] SHAHADAT K M, RASHID H M, ALI A M, et al. Utilization of forgoing coastal rice fallow lands of Bangladesh with zero tillage potato cultivation using different rates of residues[J]. Proceedings, 2020, 36(1): 88.

(责任编辑:朴红梅)