

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2023)05-0428-08

栽培生理

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2023.05.005

植株刈割对马铃薯块茎形成的影响

陈俊萍, 周世永, 赵新宇, 吴子楷, 周 锋*

(云南农业大学农学与生物技术学院, 云南 昆明 650201)

摘 要: 刈割是一种重要的农艺措施, 不同程度的刈割对于马铃薯生长产生的影响不同。试验采用随机区组设计, 探索刈割时期及频次、刈割高度对马铃薯产量、块茎大小分布的影响。在幼苗末期或块茎形成期刈割一次, 刈割茎叶程度分别为植株高度 1/3 或 1/4, 对马铃薯产量无影响, 在幼苗末期和块茎形成期刈割 2 次会造成马铃薯显著减产。刈割处理会明显增加小薯(<50 g)个数, 块茎形成期刈割 1/3 比例与 CK(常规种植)相比显著增加 20~50 g 单株块茎个数, 除幼苗末期刈割 1/4 比例、幼苗末期刈割 1/4 + 块茎形成期刈割 1/4 比例 2 个处理外, 其他 6 个刈割处理与 CK 相比均显著增加小于 20 g 单株块茎个数。在幼苗末期或块茎形成期刈割 1 次, 与 CK 相比单株地上部生物量差异不显著, 说明在马铃薯生育前期进行适当刈割补偿效应明显。综上所述, 马铃薯幼苗末期或块茎形成期刈割 1 次, 对马铃薯产量无影响, 但能增加小薯的数量及重量, 有利于马铃薯种薯生产。

关键词: 刈割; 马铃薯; 补偿性生长; 种薯; 产量

Effects of Plant Cutting on Tuber Formation in Potato

CHEN Junping, ZHOU Shiyong, ZHAO Xinyu, WU Zikai, ZHOU Feng*

(College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China)

Abstract: Cutting is a crucial agricultural practice, and its impact on potato growth varies depending on the extent of the cut. A randomized complete block design was employed in an experiment to explore the impact of cutting timing, frequency, and cutting height on potato yield and tuber size distribution. It was found that a single cutting at the late seedling stage or tuber formation stage, with a cutting intensity at 1/3 or 1/4 of the plant height, had no significant impact on potato yield. However, conducting two cuttings during the late seedling stage and tuber formation stage resulted in a significant reduction in potato yield. The cutting treatment substantially increased the number of small tubers (<50 g). Compared to the control group (CK, conventional cultivation), the tuber number per plant was significantly increased in 20-50 g, when 1/3 of the plant was cut during tuber formation. Except for two treatments, which involved cutting 1/4 of the plant once at the late seedling stage or plus cutting 1/4 of the plant at the tuber formation again, the remaining six cutting treatments all significantly increased the tuber number per plant in <20 g. A single cut at the late seedling stage or tuber formation stage did not result in a significant difference in above ground biomass per plant compared to the CK, indicating a compensatory effect of appropriate cutting during the early growth stage of potatoes. In conclusion, a single cut at the late

收稿日期: 2023-07-28

基金项目: 云南省基础研究专项面上项目(202201AT070270)。

作者简介: 陈俊萍(2001-), 女, 本科生, 主要研究方向为玉米间作马铃薯高产栽培及资源高效利用。

*通信作者(Corresponding author): 周锋, 博士, 讲师, 硕士生导师, 主要研究方向为玉米间作马铃薯高产栽培及资源高效利用,

E-mail: zhoul322@163.com。

seedling stage or tuber formation stage does not impact potato yield but could increase the number and weight of small tubers, which is advantageous for seed potato production.

Key Words: cutting; potato; compensatory growth; seed potato; yield

地上部分刈割是一种重要的栽培技术, 其能改善田间通风透光条件, 同时减少植株蒸腾面积, 从而提高植株抗旱能力和抗逆性。另外, 地上部分刈割使抗逆基因, 如琥珀酰辅酶 A 合成酶(Succinyl-CoA synthetase, SUS)基因和蔗糖磷酸合成酶(Sucrose-phosphate synthase, SPS)基因高表达, 增强植株适应性。有关刈割对作物的影响, 主要集中于再生牧草研究。岳彩娟等^[1]明确提出苜蓿的最佳刈割时期在第一朵花出现至 1/10 开花或根颈上又长出大量新芽阶段。彭廷等^[2]指出刈割头季水稻, 在抽穗开花期处理干饲草品质最优, 蜡熟期处理则青饲料品质最优。屠乃美和官春云^[3]发现油菜剪叶后干物质产量和单株角果数急剧下降。牛苗苗等^[4]研究得出剪叶后, 地黄的叶绿素含量、可溶性糖含量下降, 抑制块根膨大, 品质下降。王金梅等^[5]研究表明, 刈割间隔越长, 苜蓿粗蛋白含量显著下降, 粗纤维含量上升, 牧草品质越差。郑聪聪等^[6]表明中度刈割羊草后新叶吸收的氮素增加, 地上部氮素分配比例增加 11.6%, 地上部和总生物量呈现超补偿生长; 重度刈割后茎基部氮素分配比例上升至 9.5%, 总生物量呈现出欠补偿生长。这些研究表明刈割对作物生长发育具有明显影响, 其原因可能是刈割后植物新梢内细胞分裂素和生长素增加^[7-10], 改变了植株整体的代谢途径, 如营养物质分配比例、流向和植株生理活性。刈割对于植株病虫害防治具有促进作用。刘勇等^[11]研究发现, 光叶紫花苕刈割 3 次以上白粉病、斑枯病、叶枯病的发病率降低至 10% 以下, 甚至不发病; 草原上则通过合理的放牧强度缩短寄主植物的生命周期, 减少病原菌侵染的机会, 从而减少病害爆发^[12], 同时可以防止灌丛入侵, 是维持植物种群多样性的有效措施^[13]。刈割对改善土壤 pH 和理化性质也起到一定作用^[14]。研究表明割草减少了植株生物量, 能够降低土壤中磷素积累, 引起土壤中的真菌、细菌等多样性发生变化, 且长期刈割对于真菌群落的影响大

于细菌群落^[15], 表明刈割在一定程度上能够为管理土壤提供指导意见。

马铃薯作为全球第四大粮食作物, 可食用、做淀粉和工业原料等, 具有广泛的用途和应用价值, 且近年来将马铃薯茎叶作为动物饲料应用愈加广泛^[16,17], 因此探索马铃薯茎叶刈割研究具有重要意义。2021 年, 中国马铃薯播种面积为 510.8 万 hm^2 , 全年总产量达 9 676.1 万 t ^[18]。马铃薯在云南省一年四季都可生产, 通常种植在疏松、通气条件良好的土壤上, 播种深度 7~8 cm 为宜, 播种密度、播种时间随播种品种、当地生产条件状况等实际情况而定。生产上大多数采用传统切块处理, 存在种薯携带病害难以去除、切块刀具极易携带病菌等、加重病害感染问题。有研究表明可选择小于 50 g 的整薯播种, 但脱毒种薯播种, 生产成本低, 在生产上难以大面积推广种植^[19,20], 加之种植过程中容易感染早疫病、晚疫病、黑胫病、疮痂病、花叶病、卷叶病等真菌性、细菌性和病毒性病害^[21], 导致中国马铃薯单产水平低于世界平均单产水平。马铃薯生育期内地上部茎叶产量较高, 但在块茎成熟收获前茎叶常作为废弃物, 直接粉碎还田处理造成生物资源浪费, 茎叶自身携带病害残留还会造成土壤污染等问题^[16]。近年来, 随着畜牧业发展, 饲用牧草紧缺, 将马铃薯茎叶用作青贮饲料是缓解资源匮乏和解决环境污染的有效途径之一。侯鹏霞等^[17]研究表明, 在正常收获期前 10 d 刈割马铃薯茎叶, 可保证茎叶作为青贮饲料的品质, 且刈割后马铃薯块茎淀粉含量较对照相比有所提高。

合理的刈割时期、刈割强度对再生牧草等植株生物量的增加有显著的促进作用, 同时可改变植株体内可溶性糖和蛋白质含量, 提高品质^[20]; 还能有效防治植株病害侵染, 改变植株体内激素含量和土壤理化性质, 增强植株代谢, 打破源、库、流之间的关系, 建立新的平衡, 对于植株生长发育产生影响^[22]。对马铃薯的刈割研究, 主要集中在茎叶青贮

与青饲料品质等,探究马铃薯具体生育时期刈割地上部分对于块茎产量、块茎大小分布、地上部补偿性生长影响的研究较少。本试验旨在探究不同刈割时期和频次、不同刈割高度对马铃薯块茎大小分布的影响,并以增加中小薯为主要目标前提下,与整薯播种相结合,以解决马铃薯生产过程中块茎切割播种带来病害侵染的严重问题;刈割后的茎叶作为青贮饲料原料,解决资源浪费问题。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在云南农业大学寻甸县大河桥农场(E 103.28°, N 25.52°)开展,海拔1 850 m。试验地土壤为酸性石灰岩红壤, pH 6.74, 0~20 cm土层总氮、磷和钾含量分别为1.04, 0.58和9.46 g/kg, 碱解氮、速效磷和有效钾含量分别为45.26, 20.03和60.98 mg/kg。该地降水集中在6~9月,年降水量为980 mm,年蒸发量为2 384 mm,属北亚热带季风气候,年平均气温14.7℃,无霜期289 d。

1.2 试验材料

马铃薯品种为‘丽薯6号’,该品种生育期112 d左右,属中晚熟品种,高抗晚疫病和马铃薯Y病毒病,且耐贮性好。薯形椭圆,表皮光滑,块茎大而整齐,商品薯率高,大中薯率83.90%,结薯较为集中,块茎休眠期长,适合云南省海拔1 100~1 900 m肥力中等区域种植。

1.3 试验设计

试验共9个处理。

CK: 马铃薯常规种植;

T1: 幼苗末期刈割植株高度1/3比例茎叶;

T2: 幼苗末期刈割1/4比例茎叶;

T3: 块茎形成期刈割1/3比例茎叶;

T4: 块茎形成期刈割1/4比例茎叶;

T5: 幼苗末期刈割1/3比例茎叶+块茎形成期刈割1/3比例茎叶;

T6: 幼苗末期刈割1/3比例茎叶+块茎形成期刈割1/4比例茎叶;

T7: 幼苗末期刈割1/4比例茎叶+块茎形成期刈割1/3比例茎叶;

T8: 幼苗末期刈割1/4比例茎叶+块茎形成期刈割1/4比例茎叶。

试验采取随机区组设计,3次重复,共计27个小区,小区面积为35 m²(5 m×7 m=35 m²)。

1.4 种植规格和田间管理

试验于2022年3月5日播种,选择大小均匀,表皮光滑的马铃薯,采用先起垄再打窝播种,种植密度为55 545株/hm²,行距60 cm,株距30 cm。肥料采用一次性底肥施入:精制有机肥(有机质>5%)6 000 kg/hm²,复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)750 kg/hm²,整个生育期内适时除去杂草和病虫害防治。

1.5 数据采集和分析

2022年9月19日每小区随机选取10株马铃薯,将地上部分刈割后称鲜重,然后挖掘马铃薯冲洗干净,后逐一称取每个块茎重量(精度0.01 g),用于计算马铃薯产量和地上部生物量。

所有数据经Excel 2016软件整理后采用SPSS 26.0软件进行单因素分析,并用Graphpad prism 8软件作图。

2 结果与分析

2.1 刈割对马铃薯产量的影响

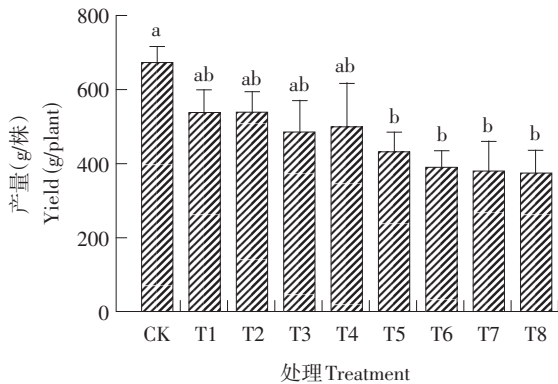
不同时期马铃薯茎叶刈割频次和刈割程度对块茎产量影响显著($P<0.05$)。与CK相比较,在幼苗末期和块茎形成期刈割2次(T5~T8)显著降低马铃薯块茎产量,分别降低35.75%、42.03%、43.27%、44.12%,但刈割1/3和刈割1/4对马铃薯块茎产量影响不显著;无论是在幼苗末期(T1、T2)或块茎形成期(T3、T4)刈割1次,均没有显著降低马铃薯块茎产量,且刈割1/3和刈割1/4差异不显著(图1)。

2.2 刈割对马铃薯块茎大小分布的影响

刈割对不同马铃薯块茎重量分布(表1)和占比(表2)的影响表明,刈割能显著降低>150 g块茎的重量和占比(T2除外),较CK处理降幅达39.07%~77.77%、23.42%~68.32%;刈割也能明显降低100~150 g块茎的重量,但对于占比降低影响不显著(T7处理除外)。刈割对75~100 g块茎重量和占比影响

都不显著, 但能明显增加<75 g块茎重量。幼苗末期刈割 1/3 茎叶(T1)较CK处理能显著提高 50~75 g块茎重量, 增幅达 63.02%, 其他处理和CK差异不显著; 对于 20~50 g块茎重量, 刈割(T1~T4和T7)虽然有增加重量的趋势, 但与CK差异不显著, 而刈割不同处理之间呈现一定差别; 刈割对<100 g不同分级块茎重量占比影响不显著(表2)。刈割1次(T1~T4)相较刈割2次(T5~T8)能提高 50~75 g、20~50 g块茎

重量, 尤其是幼苗末期刈割 1/3 茎叶(T1)较刈割2次(T5~T8)显著提高 50~75 g块茎重量达 59.52%~90.80%, 块茎形成期刈割 1/3 茎叶(T3)较刈割2次(T5、T6、T8)显著提高 20~50 g块茎重量达 54.07%、36.07%、95.21%。对于<20 g块茎重量及占比的影响, 幼苗末期刈割 1/3 茎叶+块茎形成期刈割 1/3 茎叶(T5)均表现最好, 且单株重量显著高于CK处理。



注: 误差线表示标准差, 处理上不同小写字母表示 0.05 水平差异显著, 采用最小显著差数(Least significant difference, LSD)法。下同。
Note: Error bar represents standard deviation (SD). Different lowercase letters indicates significant difference at 0.05 level, as tested using least significant difference (LSD) method. The same below.

图1 地上部分刈割对马铃薯产量的影响
Figure 1 Effect of above ground plant cutting on potato yield

表1 刈割对单株马铃薯块茎分级重量的影响(g/株)

处理Treatment	>150 g	100~150 g	75~100 g	50~75 g	20~50 g	<20 g
CK	248.3 ± 72.7 a	148.5 ± 37.9 a	98.9 ± 14.1 a	77.6 ± 14.1 b	82.8 ± 16.7 abc	17.0 ± 2.2 c
T1	108.1 ± 47.1 bc	100.7 ± 14.8 b	75.4 ± 10.3 a	126.5 ± 10.3 a	104.2 ± 20.3 ab	22.5 ± 1.9 bc
T2	151.3 ± 33.8 b	104.9 ± 21.0 ab	66.1 ± 23.7 a	97.1 ± 23.7 ab	96.6 ± 19.7 ab	22.3 ± 2.1 bc
T3	60.0 ± 17.8 c	117.2 ± 32.2 ab	84.7 ± 24.3 a	95.3 ± 15.7 ab	106.0 ± 9.9 a	28.8 ± 5.6 ab
T4	75.9 ± 28.9 c	102.0 ± 8.6 b	98.3 ± 15.7 a	101.1 ± 17.6 ab	95.2 ± 7.0 abc	29.3 ± 5.7 ab
T5	88.0 ± 26.8 bc	101.1 ± 20.9 b	61.0 ± 17.6 a	75.3 ± 16.6 b	68.8 ± 12.7 cd	32.0 ± 3.4 a
T6	55.2 ± 10.1 c	106.2 ± 25.2 ab	65.9 ± 16.6 a	66.3 ± 16.6 b	77.9 ± 17.3 bcd	20.9 ± 4.5 bc
T7	90.4 ± 37.6 bc	42.3 ± 17.7 c	67.1 ± 16.9 a	79.3 ± 16.9 b	83.1 ± 5.0 abc	19.3 ± 5.3 c
T8	82.2 ± 34.0 bc	77.8 ± 21.6 c	66.6 ± 14.3 a	77.8 ± 14.3 b	54.3 ± 10.9 d	19.2 ± 8.3 c
F	7.532	4.367	2.054	2.464	4.249	3.634
P	<0.001	0.004	0.098	0.041	0.005	0.011

注: 误差值是标准差, 同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05), 采用最小显著差数(Least significant difference, LSD)法。下同。
Note: Error value is standard deviation (SD). Treatment means with different lowercase letter(s) in the same column indicate significant differences (P<0.05), as tested using least significant difference (LSD) method. The same below.

表2 刈割对单株马铃薯块茎分级重量百分比的影响(%)

Table 2 Effect of plant cutting on percentage of graded tuber weight per potato plant

处理 Treatment	>150 g	100~150 g	75~100 g	50~75 g	20~50 g	<20 g
CK	36.3 ± 7.9 a	22.0 ± 5.3 a	14.9 ± 3.6 a	11.6 ± 2.3 a	12.2 ± 2.1 a	2.6 ± 0.4 a
T1	19.4 ± 5.3 bcd	19.1 ± 4.8 ab	14.1 ± 1.2 a	23.8 ± 3.3 a	20.1 ± 6.5 a	4.3 ± 1.1 a
T2	27.8 ± 3.4 ab	19.5 ± 3.9 ab	12.8 ± 6.0 a	18.3 ± 8.1 a	18.1 ± 4.6 a	4.2 ± 0.6 a
T3	11.5 ± 0.2 d	24.9 ± 6.4 a	17.5 ± 1.7 a	20.0 ± 2.5 a	22.9 ± 5.8 a	6.6 ± 3.5 a
T4	15.6 ± 5.2 cd	22.1 ± 7.0 a	20.8 ± 4.4 a	22.7 ± 9.5 a	20.6 ± 5.7 a	6.6 ± 3.0 a
T5	21.5 ± 10.8 bcd	23.4 ± 2.7 a	15.1 ± 7.8 a	17.6 ± 1.7 a	16.2 ± 3.3 a	7.5 ± 0.9 a
T6	14.3 ± 3.2 cd	27.0 ± 2.8 a	16.7 ± 2.3 a	17.1 ± 5.6 a	20.9 ± 8.1 a	5.6 ± 2.1 a
T7	23.3 ± 3.4 bc	11.0 ± 2.1 b	18.4 ± 4.4 a	24.7 ± 16.4 a	24.0 ± 9.5 a	5.3 ± 1.2 a
T8	21.2 ± 3.1 bcd	21.0 ± 5.1 a	18.2 ± 4.6 a	20.8 ± 3.15 a	15.0 ± 4.1 a	5.6 ± 3.1 a
<i>F</i>	5.389	3.000	0.943	0.840	1.216	1.316
<i>P</i>	0.001	0.025	0.507	0.581	0.344	0.297

刈割对不同大小马铃薯块茎个数(表3)及占比(表4)的影响表明, 刈割能显著降低>150 g、100~150 g块茎的个数及个数占比; >150 g各处理块茎个数较CK降幅达46.15%~76.92%, 个数占比较CK降幅达42.86%~78.57%; 100~150 g各处理块茎个数较CK降幅达23.08%~69.23%, 个数占比较CK降幅达14.29%~64.29%。刈割对于75~100 g、50~75 g块茎个数及占比影响不显著, 但对20~50 g、<20 g块茎个数影响显著, 块茎形成期刈割1/3茎叶(T3)较CK能显著提高20~50 g块茎个数达33.33%, 各处理(T2和T8处理除外)较CK能显著提高<20 g块

茎个数达50.00%~100%。刈割对<20 g块茎个数占比影响显著, 刈割1次(T3和T4)处理较CK能提高62.50%~75.00%, 而刈割2次(T5~T8)较CK能提高75.00%~112.50%。刈割1次(T1~T4)相较刈割2次(T5~T8)能提高20~50 g块茎个数, 尤其是块茎形成期刈割1/3茎叶(T3)较刈割2次(T5~T8)显著提高块茎数量达28.00%~100%。刈割对单株马铃薯总个数影响显著, 相较CK, 刈割1次(T1~T4)单株总个数平均值增幅达5.40%, 但差异不显著; 相较CK, 刈割2次(T6~T8)使单株马铃薯总个数显著下降。

表3 刈割对单株马铃薯块茎分级个数的影响(个)

Table 3 Effect of plant cutting on distribution of graded tuber number per potato plant (No.)

处理 Treatment	>150 g	100~150 g	75~100 g	50~75 g	20~50 g	<20 g	单株总个数
CK	1.3 ± 0.3 a	1.3 ± 0.3 a	1.1 ± 0.2 a	1.3 ± 0.1 a	2.4 ± 0.5 bc	1.4 ± 0.5 d	8.8 ± 0.8 ab
T1	0.6 ± 0.3 bc	0.8 ± 0.2 b	0.9 ± 0.2 a	2.0 ± 0.3 a	2.9 ± 0.5 ab	2.1 ± 0.3 bc	9.3 ± 0.6 a
T2	0.7 ± 0.2 b	0.9 ± 0.2 b	0.8 ± 0.3 a	1.6 ± 0.7 a	2.9 ± 0.5 ab	1.9 ± 0.1 cd	8.8 ± 0.4 ab
T3	0.3 ± 0.1 c	1.0 ± 0.3 ab	1.0 ± 0.3 a	1.6 ± 0.3 a	3.2 ± 0.1 a	2.5 ± 0.3 abc	9.5 ± 0.7 a
T4	0.4 ± 0.2 bc	0.9 ± 0.1 b	1.1 ± 0.2 a	1.6 ± 0.2 a	2.9 ± 0.2 ab	2.7 ± 0.1 ab	9.5 ± 0.2 a
T5	0.4 ± 0.2 bc	0.9 ± 0.2 b	0.7 ± 0.2 a	1.3 ± 0.2 a	2.1 ± 0.2 cd	2.8 ± 0.4 a	8.1 ± 0.4 bc
T6	0.3 ± 0.1 c	0.9 ± 0.2 b	0.7 ± 0.2 a	1.1 ± 0.4 a	2.4 ± 0.5 bc	2.1 ± 0.4 bc	7.4 ± 0.3 cd
T7	0.5 ± 0.2 bc	0.4 ± 0.2 c	0.8 ± 0.2 a	1.3 ± 0.3 a	2.5 ± 0.1 bc	2.4 ± 0.3 abc	7.7 ± 0.5 cd
T8	0.4 ± 0.1 bc	0.6 ± 0.2 bc	0.8 ± 0.2 a	1.3 ± 0.3 a	1.6 ± 0.3 d	2.0 ± 0.6 bcd	6.7 ± 1.0 d
<i>F</i>	8.505	5.177	2.208	2.236	6.009	4.316	8.878
<i>P</i>	<0.001	0.002	0.078	0.075	0.001	0.005	<0.001

表4 刈割对单株马铃薯块茎分级个数百分比的影响(%)

Table 4 Effect of plant cutting on percentage of graded tuber number per potato plant

处理 Treatment	>150 g	100~150 g	75~100 g	50~75 g	20~50 g	<20 g
CK	14 ± 3 a	14 ± 2 a	13 ± 2 a	15 ± 2 a	28 ± 6 a	16 ± 4 d
T1	6 ± 2 bc	8 ± 2 b	10 ± 1 a	22 ± 1 a	31 ± 5 a	23 ± 4 cd
T2	8 ± 2 b	11 ± 2 ab	9 ± 3 a	18 ± 7 a	33 ± 7 a	21 ± 0 cd
T3	3 ± 1 c	10 ± 2 b	10 ± 2 a	17 ± 2 a	33 ± 2 a	26 ± 5 bc
T4	4 ± 2 c	9 ± 1 b	12 ± 2 a	17 ± 2 a	30 ± 1 a	28 ± 2 abc
T5	5 ± 3 bc	11 ± 1 ab	9 ± 3 a	16 ± 1 a	26 ± 3 a	34 ± 3 a
T6	4 ± 1 c	12 ± 3 ab	10 ± 3 a	15 ± 6 a	32 ± 5 a	28 ± 4 abc
T7	6 ± 2 bc	5 ± 2 c	10 ± 2 a	17 ± 5 a	32 ± 1 a	31 ± 2 ab
T8	6 ± 1 bc	10 ± 3 b	11 ± 1 a	19 ± 4 a	23 ± 1 a	30 ± 7 ab
F	8.822	4.300	0.997	1.103	2.166	6.407
P	<0.01	0.005	0.471	0.406	0.083	0.001

2.3 刈割对马铃薯地上部生物量的影响

刈割对马铃薯地上部生物量影响差异显著 ($P = 0.002$), 但刈割1次(T1~T4)马铃薯地上部生物量积累与CK差异不显著, 刈割2次(T5~T8)能降低马铃薯地上部生物量积累, 且T6较CK显著下降46.43%。刈割2次(T5~T8)相较于刈割1次(T1~T4), 地上部生物量积累也明显下降, 但只有T6处

理显著低于刈割1次处理(T1~T4)(图2)。结果表明, 无论是在幼苗末期还是在块茎形成期刈割1次(1/3或1/4)均不会降低马铃薯地上部生物量积累, 也说明马铃薯对前期适当刈割的补偿生长效应较为明显。这种补偿效应为光合产物合成提供了保障, 也为适当刈割不影响马铃薯块茎产量提供了保障。

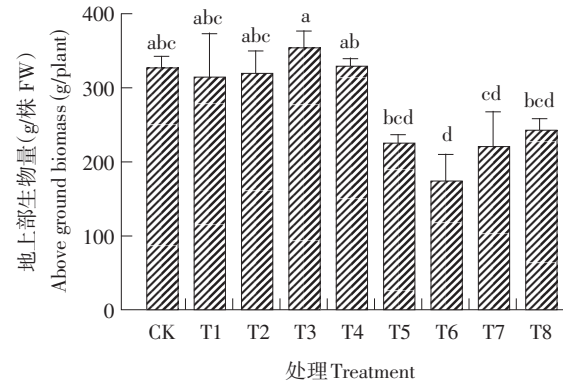


图2 刈割对马铃薯地上部生物量的影响

Figure 2 Effect of plant cutting on potato above ground biomass

3 讨论

马铃薯刈割的强度直接影响着马铃薯地下块茎生长发育, 适度刈割能促进马铃薯地下块茎的形成和发育, 使数量增多, 刈割对马铃薯单株总个数影响表现为, 刈割1次(T1~T4)平均值与CK相

比差异虽不显著, 但有5.40%的平均增长幅度, 表明单株马铃薯块茎数呈现增加的趋势(表3)。刈割次数过多, 块茎形成迟缓或受到抑制, 块茎数量会减少, 刈割2次(T6~T8)马铃薯单株总个数下降(表3), 表明单次刈割有利于增加单株结薯数。章家恩等^[23]和朱钰等^[24]研究表明, 刈割次数逐渐增

加, 光合器官受损, 影响牧草地上部与地下部光合产物分配和运输, 且再生时会消耗大量根部营养, 产量下降。侯鹏霞等^[17]研究发现, 在霜降前 10 d 刈割马铃薯产量下降不明显。本研究结果表明, 在幼苗末期(T1~T2)或块茎形成期(T3~T4)刈割与CK相比, 产量差异不显著, 表明在植株生育期内刈割 1 次, 对产量无显著影响(图 1), 这一趋势与玉米任意部位剪叶后产量下降但处于合理范围内的趋势相一致^[25]。在马铃薯幼苗末期和块茎形成期进行 2 次刈割, 产量下降达 35.75%~44.12%(图 1), 这一趋势与燕麦草和玉米的刈割次数越多, 产量下降越明显相一致^[22,26]。本试验结果与实际生产上提高产量的目标存在冲突, 但是符合通过刈割增加中小薯比例, 用作整薯播种材料的研究目标。相关研究也证实, 由于遗传和环境因素影响, 植株对刈割响应程度不同, 刈割不当会抑制马铃薯块茎形成和增加, 马铃薯块茎分布不均, 出现大量过小的块茎, 整齐度下降, 产量下降明显现象。同时猜测进一步增加刈割比例, 中小薯增加的比例将会更多, 关于这一想法有待进一步探索。

马铃薯幼苗期伴随着匍匐茎的形成和伸长, 匍匐茎的发生是块茎形成的必备条件, 匍匐茎数量对于块茎分布、数量和大小起着决定性作用^[27]。研究发现刈割通过改变牧草有效分蘖数、茎叶比来增加生物量^[28]。块茎形成的时期和数量是决定马铃薯产量的关键, 此时对水肥的需求量最为旺盛, 应该注意及时集雨补灌和追施肥料。刈割后营养物质和水分大量损耗, 植株叶片部分损失, 光合作用减弱^[24], 脱落酸(Abscissic acid, ABA)合成增加限制营养器官生长^[7], 营养物质供应更加缺乏, 植株抗逆境生理反应增强, 一系列代谢反应消耗大量能量, 地下块茎生长发育所需能量无法得到供应, 马铃薯块茎分布不均, 导致中小薯数量增加。本研究结果表明刈割马铃薯地上部植株, 块茎形成期刈割 1/3 比例与CK相比显著增加 20~50 g 单株块茎个数, 除幼苗末期刈割 1/4 比例、幼苗末期刈割 1/4+块茎形成期刈割 1/4 比例 2 个处理外, 其他 6 个刈割处理与CK相比也能达到显著增加<20 g 单株块茎个数的效果(表 3)。尽管有研究指出切除比例应在

5%~10%为宜, 然而, 在实际生产中应根据马铃薯种植情况, 把握更为准确的生育时期、确定合适的刈割比例, 刈割地上部才能保证块茎大小分布差异不明显。也期望探索出更加合适的刈割时期和比例, 提高马铃薯块茎大小分布的均匀程度, 为马铃薯繁育和生产提供可行方案。

刈割后马铃薯植株受到胁迫, 会加速养分吸收和转运, 加快生长速度来弥补能量和营养损失, 不同程度的刈割, 植株会经历不同的补偿性生长过程^[29]。李金花等^[30]研究表明, 留茬高度刈割冷蒿的再生性生长低于按比例刈割冷蒿。植株刈割后, 留茬部分进行的少量光合作用无法满足地上部再生, 但可以通过消耗根部营养物质和向上运输营养物质的补偿性作用使地上部分再生。本研究结果表明, 刈割 2 次致使马铃薯块茎产量下降(图 1), 说明刈割 2 次后块茎部分呈现出欠补偿性生长; 对于马铃薯地上部分而言, 在幼苗末期或块茎形成期(T1~T4)刈割植株相较CK生物量无显著下降或增加(图 2), 说明在这两个时期进行刈割处理都呈现出补偿性生长趋势; 在幼苗末期刈割 1 次(T1、T2)的单株地上部生物量显著高于在幼苗末期和块茎形成期刈割 2 次(T6)的单株地上部生物量(图 2), 表明刈割次数越多, 植株进行欠补偿性生长趋势越明显。本试验在以增加中小薯块茎为主要目标前提下, 虽然地上部生物量呈现出等补偿或欠补偿性生长, 仍然可以为马铃薯茎叶青饲化发展提供原材料, 有效避免资源浪费。相关研究发现, 轻度刈割情况下, 顶端优势解除, 植株迅速出现新叶和侧枝^[23], 光合作用增强, 植株补偿性生长发挥作用, 地上部和地下部产量增加。郭正刚等^[31]研究表明刈割后根系纵向生长受到抑制, 侧根在土壤表层分布比例增加, 导致根系吸收土壤深层养分能力减弱。进一步推测在生育后期刈割茎秆更加粗壮, 刈割后损伤面积更大, 新生叶面积虽增多, 但生育后期功能叶不断衰老, 光合能力下降, 且地上部营养物质发生重新分配, 地下根系发达但提供养分能力不足情况更加突出, 相对整个植株来说, 地上部出现欠补偿性生长。而适度刈割, 能减少茎叶覆盖, 改善植株间通风透光条件, 减轻病虫害发生; 过度刈割则加剧水

肥竞争, 增加病害侵染可能性^[32], 生产过程中需要在刈割后适时施肥、浇水和加强病虫害防治, 确保补偿性生长发挥最大作用, 确保马铃薯地上部和地下部生长旺盛。但刈割如何使马铃薯进行补偿性生长的分子机制以及提高马铃薯产量或改善其他方面品质的最佳刈割时期及频次有待进一步探索。

[参 考 文 献]

- [1] 岳彩娟, 李生宝, 蔡进军, 等. 刈割对紫花苜蓿的补偿效应研究进展 [J]. 农业科学研究, 2009, 30(4): 73–77.
- [2] 彭廷, 王童童, 李玲子, 等. 刈割时期和留茬高度对水稻饲草产量、品质及籽粒产量的影响 [J]. 河南农业科学, 2020, 49(2): 27–33.
- [3] 屠乃美, 官春云. 油菜库器官分化发育期剪叶对源库关系的影响 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2001(4): 258–263.
- [4] 牛苗苗, 范华敏, 李娟, 等. 剪叶对地黄生长及其生理特性的影响 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(2): 107–111.
- [5] 王金梅, 李运起, 张凤明, 等. 刈割间隔时间对苜蓿产量、品质及越冬率的影响 [J]. 河北农业大学学报, 2006(3): 86–90.
- [6] 郑聪聪, 王永静, 孙昊, 等. 盐碱条件下刈割干扰对羊草的氮素分配策略及补偿生长的影响 [J]. 应用生态学报, 2017, 28(7): 2222–2230.
- [7] 肖关丽, 郭华春. 马铃薯内源激素研究进展 [J]. 云南农业大学学报, 2007(3): 431–434.
- [8] 刘梦云, 毛雪飞, 门福义, 等. 马铃薯块茎内源激素变化与块茎增大生长的相关规律 [J]. 华北农学报, 1997(2): 87–93.
- [9] 包丽仙, 卢丽丽, 刘凌云, 等. 云南省马铃薯饲用情况调查 [J]. 中国马铃薯, 2014, 28(4): 247–252.
- [10] Escalante B Z, Langille A R. Photoperiod, temperature, gibberellin, and an anti-gibberellin affect tuberization of potato stem segments *in vitro* [J]. HortScience, 1998, 33(4): 701–703.
- [11] 刘勇, 周俗, 陈莉敏, 等. 采用播期、轮作和刈割防治光叶紫花苕病害 [J]. 草业科学, 2018, 35(8): 1929–1936.
- [12] 岳方正, 段廷玉, 才玉石, 等. 简述我国草原有害生物发生与防治 [J]. 中国森林病虫, 2019, 38(6): 27–31.
- [13] Cattin M F, Blandinier G, Banasek-Richter C, *et al.* The impact of mowing as a management strategy for wet meadows on spider (Araneae) communities [J]. Biological Conservation, 2003, 113(2): 179–188.
- [14] Li F S, Minggagud H, Jarvie S, *et al.* Mowing mitigates the adverse effects of fertilization on plant diversity and changes soil bacterial and fungal community structure in the Inner Mongolia grassland [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2023, 346: 108358.
- [15] Zhan J, Li Y L, Yang H L, *et al.* Long-term mowing and burning have more of an effect on soil fungal communities than on bacteria in a semiarid sandy land [J]. Applied Soil Ecology, 2023, 189: 104855.
- [16] 王天果, 程兴田, 潘卫云, 等. 马铃薯茎叶青贮机械化收获技术研究与发展 [J]. 中国农机化学报, 2022, 43(8): 82–89.
- [17] 侯鹏霞, 何志军, 金环, 等. 青贮马铃薯茎叶的刈割时间探究 [J]. 上海畜牧兽医通讯, 2021(1): 16–18.
- [18] 徐宁, 张洪亮, 张荣华, 等. 中国马铃薯种植业现状与展望 [J]. 中国马铃薯, 2021, 35(1): 81–96.
- [19] 韦文震. 冬作马铃薯高产种植技术 [J]. 特种经济动植物, 2022, 25(3): 52–54.
- [20] 乔方彬, 宋文芳, 宋伯符. 马铃薯育种方法的改进意见 [J]. 中国马铃薯, 2010, 24(4): 203–205.
- [21] 张晶晶. 马铃薯主要病害及防治措施 [J]. 世界热带农业信息, 2022(1): 51–52.
- [22] 刘刚, 赵桂琴. 刈割对燕麦产草量及品质影响的初步研究 [J]. 草业科学, 2006(11): 41–45.
- [23] 章家恩, 刘文高, 陈景青, 等. 不同刈割强度对牧草地上部和地下部生长性状的影响 [J]. 应用生态学报, 2005(9): 1740–1744.
- [24] 朱珏, 张彬, 谭支良, 等. 刈割对牧草生物量和品质影响的研究进展 [J]. 草业科学, 2009, 26(2): 80–85.
- [25] 曹彩云, 党红凯, 郑春莲, 等. 刈割对玉米生长发育及产量的影响 [J]. 玉米科学, 2019, 27(4): 100–108.
- [26] 王冬冬. 剪叶对玉米干物质积累及产量的影响 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2016.
- [27] 苗雅坤. 拉枝与修剪对核桃生长与果实发育的影响 [D]. 邯郸: 河北工程大学, 2020.
- [28] 杨恒山, 曹敏建, 郑庆福, 等. 刈割次数对紫花苜蓿草产量、品质及根的影响 [J]. 作物杂志, 2004(2): 33–34.
- [29] 赵威, 王征宏. 植物的补偿性生长 [J]. 生物学通报, 2008(3): 12–13.
- [30] 李金花, 李镇清, 刘振国. 不同刈牧强度对冷蒿生长与资源分配的影响 [J]. 应用生态学报, 2004(3): 408–412.
- [31] 郭正刚, 刘慧霞, 王彦荣. 刈割对紫花苜蓿根系生长影响的初步分析 [J]. 西北植物学报, 2004(2): 215–220.
- [32] 朱猛蒙, 马锐, 张蓉. 刈割对紫花苜蓿病虫害的影响 [J]. 中国植保导刊, 2006(12): 8–10.