

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.22669

炭基有机肥配施化肥对马铃薯生长和产量及品质的影响

兰慧至, 王泽宇, 王心慧, 徐建华, 赵子璇, 郭浩赟, 孟宏宇, 张秀海, 黄伟*

(河北北方学院农林科技学院, 河北 张家口 075000)

摘要: 减少化肥施用量、提高产量和质量, 探究炭基有机肥配施化肥对马铃薯生长和产量的影响, 为马铃薯减肥增效, 稳产、高产提供理论依据。以马铃薯品种“荷兰 15”为试材, 采用田间试验方法, 设置不施肥 (CK)、只施用化肥 (T1)、只施用炭基有机肥 (T2)、化肥和炭基有机肥均最高推荐量施用 (T3)、化肥最大量和炭基有机肥减半施用 (T4)、化肥减半和炭基有机肥最大量施用 (T5)、化肥和炭基有机肥均减半施用 (T6) 7 个处理, 研究了炭基有机肥配施化肥对马铃薯株高、茎粗、冠幅、叶绿素含量、净光合速率、植株干鲜重以及产量和品质指标的影响, 以期筛选出张家口地区马铃薯生产过程中适宜的施肥方案。结果表明: 炭基有机肥配施化肥处理比只施用化肥和只施用炭基有机肥处理能够更有效地促进马铃薯各项生长指标提高, 但以 T6 处理的效果更明显; 收获时, T6 处理的株高、茎粗、地上部鲜重、干重明显高于 CK, 较 CK 分别提高了 12.47%、33.43%、75.83%、134.25%, 而冠幅较 CK 提高了 13.19%, 但与 CK 差异不显著; T6 处理的叶绿素总含量、净光合速率也与 CK 差异显著, 分别是 CK 的 2.97、2.21 倍。T6 处理的蛋白质、维生素 C 的含量是所有处理中最高的, 且与其他处理差异显著, 较 CK 分别提高了 29.95%、41.36%, T6 的淀粉含量与 CK、T1、T2 处理差异显著, 但与 T3、T4、T5 处理差异不明显, 其较 CK 提高了 10.09%; T5 处理的产量和经济效益均最高, 但与 T6 处理无显著差异, 二者与其他处理差异明显, 较 CK 产量和经济效益均分别提高了 87.04% 和 83.24%。综上所述, 在张家口地区马铃薯生产中, T6 处理达到了促进马铃薯生长、增加产量和经济效益以及改善品质的目的, 因此, 炭基有机肥和化肥均减半施用 (T6) 是适合张家口地区马铃薯的施肥方案。

关键词: 马铃薯; 炭基有机肥; 化肥; 生长; 产量; 品质

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 为茄科茄属植物, 已成为世界第四大粮食作物。张家口位于河北省西北部, 气候冷凉, 日照充足, 昼夜温差大, 种植马铃薯的历史悠久, 是马铃薯生产和育种比较理想的基地之一。马铃薯产业是张家口地区重点发展的主导产业之一, 在脱贫攻坚与乡村振兴有效衔接中具有举足轻重的作用。2020 年河北省马铃薯的种植面积为 22 万 hm^2 , 其中, 张家口地区马铃薯的种植面积达到了 10.95 万 hm^2 , 品种以冀张薯系列、费乌瑞特、夏波蒂、克新 1 号、荷兰 15 号为主。但该区在马铃薯种植过程中存在大量施用化肥、单产低且不稳定、病虫害频发、种性

退化等问题, 进而导致土壤养分失衡、耕层质量下降^[1]、马铃薯抗逆性变弱、产量和品质下降等问题^[2]。

炭基有机肥是指生物质炭粉与有机肥合理配伍而形成的生态型有机肥料。生物质炭是由农林植物废弃秸秆在无氧或有限氧气供应的情况下, 经 400 ~ 700 $^{\circ}\text{C}$ 热解炭化产生的一类稳定的高度芳香化的难溶性富碳固态物质^[3]。王海候等^[4] 研究表明, 炭基有机肥可以提高水稻产量, 提升土壤有机质含量, 增强土壤氮、磷等养分的有效性。曾猛等^[5] 研究了减量化肥配合炭基有机肥施用对设施切花月季的生长、土壤养分以及土壤盐渍化指标的影响, 结果表明, 施用生物炭基有机肥可有效缓解月季栽培设施内的土壤酸化、盐渍化问题, 有利于切花月季生产中的提质增效, 且在减量 40% 化肥的情况下配施效果更佳。张云舒等^[6] 对新疆覆膜滴灌棉田采用炭基肥和氮肥减施 15%, 可保持棉田产量稳定。冯瑞兴等^[7] 的研究表明, 炭基有机肥有促进小麦产量提高的趋势。陈婧婷^[8] 的研

收稿日期: 2022-10-30; 录用日期: 2022-12-22

基金项目: 河北省现代农业产业技术体系蔬菜产业创新团队建设 (HBCT2023110201); 国家大宗蔬菜现代农业产业技术体系建设项目 (CARS-23-G-08)。

作者简介: 兰慧至 (1999-), 硕士研究生, 研究方向为蔬菜生理与营养品质。E-mail: 372047789@qq.com。

通讯作者: 黄伟, E-mail: nlkjxyy@163.com。

究结果表明,炭基有机肥与氮肥交互作用对甜菜块根干物质影响最大。李永华等^[9]的研究结果表明,在保证小麦产量的同时,有机肥可替代43%的化学肥料。刘寒双等^[10]研究了有机肥替代部分化肥对谷子产量、土壤养分及酶活性的影响,结果表明在总养分一致的情况下,有机肥替代30%化肥处理增加了谷子生物量和产量,利于谷子生长发育。万连杰等^[11]研究表明,不同种类有机肥替代化肥的肥料效果总体上优于单施化肥,且以T3处理,即烟茎生物有机肥替代化肥对椴柑生长发育、生理特性、产量和品质的综合效果最好。因此,在提高作物产量与品质中炭基有机肥都发挥着重要作用。

目前,单施生物炭或有机肥对生长、产量和品质的研究较多集中在蔬菜及一些大田作物方面^[12-15]。生物炭和有机肥按一定比例混合制成的生物炭基有机肥料与化肥配施对马铃薯产量和品质的研究鲜见报道。因此,本研究以马铃薯品种‘荷兰15号’为试验材料,将炭基有机肥和化肥按不同用量配合施用,探究炭基有机肥和化肥配施对马铃薯生长、产量和品质的影响,为马铃薯合理施肥和高产优质栽培提供理论指导和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

马铃薯品种:选用当地主栽品种‘荷兰15号’,由张家口市农业科学院马铃薯研究所提供。

炭基有机肥:生物质炭 $\geq 50\%$,有机质 $\geq 40\%$,总养分N-P₂O₅-K₂O $\geq 6\% \sim 8\%$,有效活菌数 ≥ 0.2 亿/g,由张家口万生生物科技有限公司提供。史丹利复合肥:N-P₂O₅-K₂O=18:18:18,由张家口市金农生物科技有限公司提供。

试验地点为河北北方学院南校区园艺试验基地,该基地海拔627 m,年均气温8.6℃,年平均降水量为350.0 mm,土壤类型为栗钙土,土壤质地为壤质黏土(黏粒35%,粉粒30%,砂粒35%),0~20 cm土层土壤有机质含量22.58 g/kg,碱解氮69.19 mg/kg,有效磷24.41 mg/kg,速效钾182.45 mg/kg, pH为8.0。

1.2 试验设计

试验共设计7个处理,对照(CK)不施任何肥料;处理1(T1)底施复合肥900 kg/hm²;处理2(T2)底施炭基有机肥3750 kg/hm²;处理3(T3)

底施复合肥900 kg/hm²和炭基有机肥3750 kg/hm²;处理4(T4)底施复合肥900 kg/hm²和炭基有机肥1875 kg/hm²;处理5(T5)底施复合肥450 kg/hm²和炭基有机肥3750 kg/hm²;处理6(T6)底施复合肥450 kg/hm²和炭基有机肥18750 kg/hm²。

马铃薯于2021年4月25日切种,然后使用药剂拌种,4月27日按照试验设计规划小区,施入肥料,整地;马铃薯采用高垄播种,垄高20 cm,垄宽70 cm,垄面宽60 cm,垄沟宽40 cm,每垄播种双行,株行距为50 cm×50 cm,播种深度为5~6 cm。每个处理重复3次,随机区组排列,小区面积为10 m×1.1 m=11 m²,垄面上铺设两根滴灌带进行灌溉。马铃薯采用正常田间管理,8月31日收获。

1.3 测定内容与方法

1.3.1 生长和产量指标

于马铃薯不同的生育时期,在每个小区内随机选取生长一致的植株5株,进行株高、冠幅、茎粗、地上部鲜重及干重指标的测定,采用游标卡尺测定茎粗,即茎与地面接触处的粗度,采用钢卷尺测定株高、冠幅;同时测定植株叶片叶绿素总含量和净光合速率,采用丙酮乙醇混合液法测定叶绿素含量^[16],采用Li-6400光合仪进行净光合速率测定,叶绿素含量取样和净光合速率测定均在晴天上午进行,取马铃薯倒四叶的顶小叶进行叶绿素含量和净光合速率测定。

当马铃薯收获时,实收小区全部产量,然后折算产量。大、中、小薯分别按照小薯<75 g、75 g≤中薯≤150 g、大薯>150 g统计。

1.3.2 品质指标

当马铃薯收获时,从每个小区中随机选取生长一致的植株5株,测定其地下部块茎品质。采用考马斯亮蓝G-250染色法测定可溶性蛋白含量^[17];采用2,6-二氯酚靛酚滴定法测定维生素C含量^[17];采用蒽酮试剂比色法测定淀粉含量^[18]。

1.4 数据分析

试验数据采用SPSS 21.0进行显著性分析($P<0.05$),采用Excel 2010进行处理和作图。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对马铃薯生长的影响

2.1.1 不同施肥处理对马铃薯株高的影响

从图1马铃薯不同生育时期株高数据可以看

出, 马铃薯株高随生育时期向前推移, 表现为先增后降的变化趋势, 并于块茎膨大期达到最大值, 之后株高开始缓慢下降。

各处理株高在不同生育时期的表现不同, 苗期以 T6 最大, 显著高于 CK, 较 CK 增加了 35.92%; 在块茎形成期, CK 和 T1 株高小于其他处理, 且 T6 与 CK、T1 有显著差异, 较 CK、T1 分别提高了 21.55% 和 18.10%; 各处理的株高在块茎膨大期达到峰值, 且表现为 T6>T3>T5>T1>T4>CK>T2, 但各处理之间没有显著差异; 进入淀粉积累期, 以 T3 株高最大, CK 最小, 且各处理之间差异不显著; 成熟收获期, CK 的株高小于其他处理, 且 T6 与 CK 差异显著, 较 CK 提高了 12.47%。

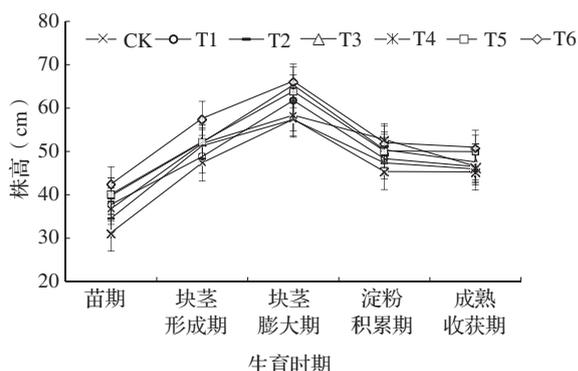


图 1 不同施肥处理对马铃薯株高的影响

2.1.2 不同施肥处理对马铃薯茎粗的影响

从图 2 可以看出, 各处理茎粗与株高一样, 也表现出先升后降的变化趋势, 各处理 (T4 除外) 的茎粗在块茎膨大期达到峰值, 之后马铃薯地上部茎叶生长减缓并开始趋向衰老, 茎粗缓慢下降; 而 T4 却在淀粉积累期才达到峰值, 随后开始下降。

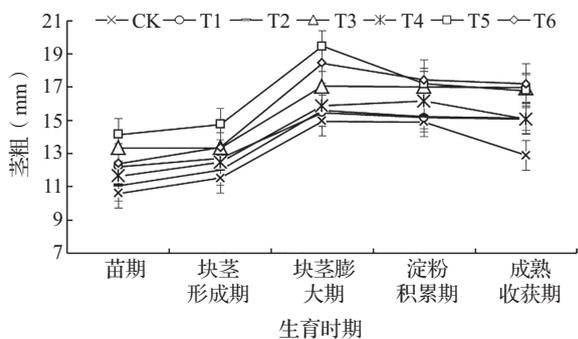


图 2 不同施肥处理对马铃薯茎粗的影响

苗期茎粗以 T5 最高, CK 最低, 各处理之间茎粗没有显著差异, T5 较 CK 提高 33.31%; 块茎形成

期各处理茎粗以 T5 最大, T6 其次, 二者差异不明显, 但与 CK 差异显著; 块茎膨大期各处理茎粗大小表现为 T5>T6>T3>T4>T2>T1>CK, T5 与 T6 差异不显著, 但与 CK、T1、T2 差异明显; 各处理茎粗在淀粉积累期以 T5、T6 为最大, 但各处理间茎粗不存在显著差异; 成熟收获期以 T6 茎粗最高, 且 CK 明显低于其他处理, T6 较 CK 提高了 33.43%。

2.1.3 不同施肥处理对马铃薯冠幅的影响

随着马铃薯生育期的推进, 冠幅表现为逐渐增大的变化趋势 (表 1)。在块茎膨大期之前各处理冠幅增长迅速, 之后茎叶中积累的光合同化产物向块茎输送, 导致冠幅增长速度减弱。苗期以 T5 冠幅最大, T6 其次, 二者差异不显著, 且与其他处理差异不明显, 但与 CK 差异显著, T5 较 CK 提高 29.85%; 块茎形成期 T6 冠幅最高, 其与 T3、T5 无显著差异, 但与其他处理差异明显, 其较 CK 提高了 27.19%; 马铃薯各处理在块茎膨大期、淀粉积累期、成熟收获期的冠幅均是 T6 最大、CK 最小, 而且各处理之间没有显著差异。

表 1 不同施肥处理对马铃薯冠幅的影响 (cm)

处理	苗期	块茎形成期	块茎膨大期	淀粉积累期	成熟收获期
CK	45.70c	64.15c	79.17a	91.07a	95.52a
T1	52.04abc	68.63bc	84.57a	91.13a	97.12a
T2	48.44bc	67.81bc	79.17a	91.67a	96.12a
T3	52.64abc	71.45abc	88.37a	93.47a	101.92a
T4	52.90abc	68.35bc	83.21a	91.13a	97.42a
T5	59.34a	76.91ab	88.05a	99.14a	97.92a
T6	57.70ab	81.59a	89.43a	106.67a	108.12a

注: 同列小写字母不同表示差异达显著水平 ($P<0.05$)。下同。

2.1.4 不同施肥处理对马铃薯地上部鲜重及干重的影响

马铃薯在整个生育期地上部鲜重各处理呈现出不同的变化规律 (表 2), CK、T1、T2 均在块茎膨大期达到峰值, 之后开始下降; 而 T3、T4、T5、T6 达到峰值时期晚于 CK、T1、T2, 在淀粉积累期才达到峰值, 于成熟收获期又降低。

从不同生育时期看, 苗期 T5 地上部鲜重最大, 与 CK 存在显著差异, 与其他处理差异不明显, 较 CK 提高 87.06%; 进入块茎形成期, 由于马铃薯处于快速营养生长阶段, 每个处理地上部鲜重增长幅

度较大,以 T6 最大,CK 最小,但各处理间地上部鲜重差异不明显;而在块茎膨大期,CK、T1、T2 达到峰值,以 T5 最大,T6 次之,二者均与 CK 差异显著,与其他处理差异不明显;从淀粉积累期的数据看,T3、T4、T5、T6 均达到最大值,以 T6 最大,其与 CK、T1 差异显著,与其他处理无明显差异,T6 分别是 CK、T1 的 2.49 和 2.15 倍;在成熟收获期,各处理地上部鲜重均下降,但仍以 T6 最高,与 CK、T1、T2 之间差异明显,较 CK、T1、T2 分别提高了 75.83%、60.91%、45.96%。

表 2 不同施肥处理对马铃薯地上部鲜重的影响 (g)

处理	苗期	块茎形成期	块茎膨大期	淀粉积累期	成熟收获期
CK	142.24b	196.35a	300.36b	245.88c	236.60c
T1	178.04ab	328.45a	494.96a	284.36bc	258.55c
T2	248.94ab	269.12a	470.11a	406.08abc	285.02bc
T3	246.40ab	305.69a	483.03a	593.71a	317.38abc
T4	228.51ab	357.19a	386.41ab	473.53ab	371.74ab
T5	266.07a	329.59a	525.71a	561.48a	382.61ab
T6	255.71ab	413.65a	500.61a	611.80a	416.02a

从马铃薯地上部干重(表 3)来看,各处理干重的变化与鲜重变化基本保持相似的规律。从不同生育时期来看,苗期 T6 显著大于 CK,其干重最大,但与其他处理差异不显著,较 CK 提高了 63.27%;T5 在块茎形成期的干重最高,T6 其次,二者与其他处理差异显著,T5 地上部干重是 CK 的 2.56 倍;块茎膨大期各处理干重大小为 T5>T6>T3>T1>T4>T2>CK,且 T5、T6 显著大于 CK,与其他处理没有显著差异,T5 较 CK 提高了 85.03%,且 CK、T1、T2 均在此期达到峰值;淀粉积累期以 T5 最高,其干重分别是 CK、T1、T2 的 2.33、1.83

表 3 不同施肥处理对马铃薯地上部干重的影响 (g)

处理	苗期	块茎形成期	块茎膨大期	淀粉积累期	成熟收获期
CK	18.65b	20.72c	37.14b	31.90b	29.46d
T1	21.28ab	36.49b	58.43ab	40.62b	35.39cd
T2	27.08ab	33.47b	51.54ab	45.08b	39.37cd
T3	25.95ab	35.50b	61.07ab	72.83a	62.74ab
T4	26.98ab	37.60b	52.26ab	52.50ab	44.83bcd
T5	28.98ab	53.07a	68.72a	74.21a	51.85abc
T6	30.45a	50.68a	64.27a	70.12a	68.85a

和 1.64 倍,T3、T4、T5、T6 均在此期达到峰值;从成熟收获期来看,以 T6 最大,其与 CK、T1、T2、T4 差异显著,T6 的地上部干重分别是 CK、T1、T2 的 2.34、1.95 和 1.75 倍。

2.2 不同施肥处理对马铃薯叶绿素总量的影响

由图 3 可知,从马铃薯整个生育期来看,从苗期到块茎膨大期,马铃薯叶绿素总量呈上升趋势,于块茎膨大期达到最高值,之后各处理叶绿素总量快速降低,到成熟收获期时达到最低点。

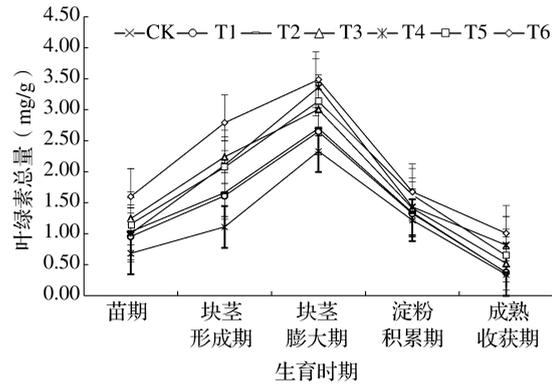


图 3 不同施肥处理对马铃薯叶绿素总量的影响

从不同生育期看,苗期和淀粉积累期各处理叶绿素总量没有显著差异,以 T6 最大,CK 最小;块茎形成期,各处理叶绿素总量缓慢增加,仍以 T6 最大,CK 最小,二者差异明显,且 T6 是 CK 的 2.51 倍;块茎膨大期各处理叶绿素总量表现为 T6>T4>T5>T3>T2>T1>CK,T6 显著高于 CK,但与其他处理没有显著差异;成熟收获期 T6 与其他处理差异明显,T6 的叶绿素总量是 CK 的 2.97 倍。

2.3 不同施肥处理对马铃薯叶片净光合速率的影响

从马铃薯叶片净光合速率的动态变化趋势(图 4)来看,净光合速率呈现先增加后降低的单峰曲线,各处理均在块茎膨大期达到最高值。

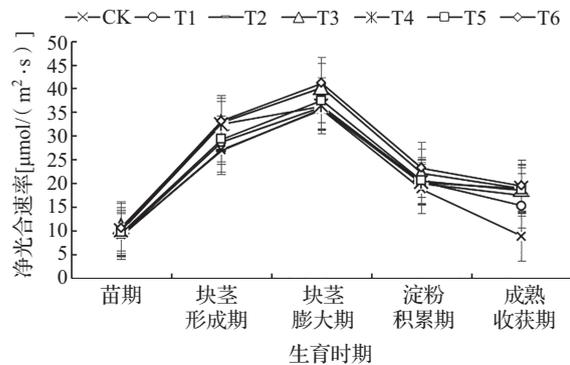


图 4 不同施肥处理对马铃薯叶片净光合速率的影响

苗期各处理之间的净光合速率差异不显著; 块茎形成期, 各处理的净光合速率逐渐上升, T6 显著高于 CK, 较 CK 提高 22.38%; 各处理叶片净光合速率均在块茎膨大期达到峰值, 这与冠幅、叶绿素总量均在此期达到峰值相一致, T6 与 CK 净光合速率差异显著, 较 CK 提高 15.58%; 淀粉积累期是马铃薯生长转入淀粉积累为主的时期, 在此时期地上部积累的同化产物向块茎和根系输送, 地上部生长速度变慢, 部分叶片老化, 导致各处理净光合速率明显下降, 但 T6 最大且与 CK 存在明显差异, 较 CK 提高 23.57%。到成熟收获期, 由于马铃薯茎叶衰老, 叶绿素含量也随之减少, 各处理净光合速率呈下降趋势, 但仍以 T6 最大, CK 最小, 二者差异明显。

2.4 不同施肥处理对马铃薯产量和品质的影响

2.4.1 对马铃薯产量和经济效益的影响

表 4 为各处理收获时的产量和经济效益。从表 4 看出, 虽然 T5 产量最高, 但其与 T6 差异不明显, 二者与其他处理差异显著, CK 产量明显低于其他处理, T5 与 T6 产量较 CK 分别提高 87.04% 和 83.24%。各处理的经济效益与其产量表现一致。

表 4 不同施肥处理对马铃薯产量和经济效益的影响

处理	小区产量 (kg)	折合产量 (kg/hm ²)	经济效益 (元/hm ²)
CK	15.530e	14125.20e	16950.30e
T1	19.126d	17395.95d	20875.20d
T2	22.582c	20539.35c	24647.25c
T3	25.915b	23570.85b	28285.05b
T4	23.537c	21408.00c	25689.60c
T5	29.047a	26419.50a	31703.40a
T6	28.457a	25882.95a	31059.60a

2.4.2 对商品薯率的影响

收获时, 统计各处理马铃薯的大、中、小薯数量, 计算出各处理的商品薯率(表 5)。从表 5 看出, 各处理的中薯率没有明显差异; 大薯率则是 CK 最小, T5 最大, 其他处理显著高于 CK, 大薯率在 T2、T3、T4、T5、T6 之间无显著差异; 小薯率在 CK 与 T1 之间差异不显著, 且 CK 小薯率明显高于其他处理(T1 除外)。

表 5 不同施肥处理对马铃薯商品率的影响 (%)

处理	大薯率	中薯率	小薯率
CK	20.10c	23.46a	56.44a
T1	34.56b	19.74a	45.70ab
T2	45.14a	20.04a	34.82bc
T3	46.21a	23.44a	30.35c
T4	48.64a	19.93a	31.43c
T5	50.69a	21.68a	27.63c
T6	50.43a	22.84a	27.73c

2.4.3 不同施肥处理对马铃薯品质的影响

表 6 为不同施肥处理下马铃薯的品质。从表 6 结果来看, T6 在所有施肥处理中维生素 C 和蛋白质含量最高, 并且与其他处理(T4 除外)差异显著, 较 CK 分别提高 41.36% 和 29.95%; 淀粉含量虽以 T3 最高, 但 T3 与 T4、T5、T6 之间差异不明显, 却与 CK、T1、T2 之间差异显著。

表 6 不同施肥处理对马铃薯品质的影响

处理	维生素 C (mg/100 g)	蛋白质含量 (g/kg)	淀粉含量 (%)
CK	16.95e	18.40e	12.68d
T1	17.84d	20.46d	13.24c
T2	18.97c	21.11c	13.26c
T3	20.17b	22.00b	14.03a
T4	22.29ab	22.63ab	13.98a
T5	20.91b	22.11b	13.82ab
T6	23.96a	23.91a	13.96a

3 讨论与结论

前人研究表明, 有机肥和化肥合理配施能促进作物的生长发育, 增加农艺性状^[19-20]。还有研究表明, 有机肥与化肥混合施用对马铃薯根系和块茎的早期形成具有促进作用, 也可以有效增加马铃薯的单株结薯数和产量^[21-23]。而单独施用炭基有机肥明显提高了马铃薯的株高、茎粗、叶面积指数、叶绿素含量、平均薯重等指标^[24]。本研究表明, 在马铃薯生育后期, 各处理的生长指标均是炭基有机肥与化肥配合施用的处理(T3、T4、T5、T6)大于仅施化肥或炭基有机肥或不施肥的处理(T2、T1、CK), 表明炭基有机肥配合化肥施用促进了马铃薯生长, 以 T6 效果最突出, 这与任少勇^[25]的研究结果相一致。

植物获取营养物质、积累经济产量和生物产量的重要来源主要是通过光合作用来实现的,叶片净光合速率的高低可以通过叶绿素含量等指标反映。本研究表明,炭基有机肥与化肥均单独施用和不施肥料处理,其叶绿素总量、净光合速率均低于二者配合施用处理,其中,T6的光合特性优于其他处理,这与前人的研究结果相一致^[26]。

研究表明,作物产量和品质会受到施肥量和肥料种类不同的影响^[27]。本研究表明,T5、T6虽然产量不存在明显差异,但从品质指标来看,T5明显不如T6,而且T5的炭基有机肥施用量较T6增加了1倍,生产成本高于T6。因此,T6达到了提高产量、改善品质、降低成本和增加经济效益的目的。

可见,炭基有机肥与化肥配合施用处理可有效促进马铃薯生长,显著提高产量,改善品质。综合各项指标来看,炭基有机肥减半+化肥减半施用处理(T6)为张家口地区马铃薯生产上的最佳施肥方案。

参考文献:

- [1] 关焱,宇万太,李建东. 长期施肥对土壤养分库的影响[J]. 生态学杂志, 2004(6): 131-137.
- [2] 高怡安,程万莉,张文明,等. 有机肥替代部分化肥对甘肃省中部沿黄灌区马铃薯产量、土壤矿质氮水平及氮肥效率的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51(2): 54-60, 68.
- [3] 刘玉学,刘微,吴伟祥,等. 土壤生物质炭环境行为与环境效应[J]. 应用生态学报, 2009, 20(4): 977-982.
- [4] 王海候,陆长婴,沈明星,等. 炭基有机肥对水稻产量及土壤养分的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(7): 104-107.
- [5] 曾猛,潘玉蕊,彭银,等. 减量化肥配合炭基有机肥对设施切花月季季生长及土壤性状的影响[J]. 南方农业学报, 2021, 52(8): 2202-2210.
- [6] 张云舒,唐光木,蒲胜海,等. 减氮配施炭基肥对棉田土壤养分、氮素利用率及产量的影响[J]. 西北农业学报, 2020, 29(9): 1372-1377.
- [7] 冯瑞兴,何霄,施洁君,等. 炭基有机肥对小麦产量及麦季农田温室气体排放的影响[J]. 大麦与谷类科学, 2017, 34(3): 6-11.
- [8] 陈婧婷. 密度、炭基有机肥、氮肥交互作用对甜菜(*Beta Vulgaris* L.) 氮素同化代谢的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2021.
- [9] 李永华,武雪萍,何刚,等. 我国麦田有机肥替代化学氮肥的产量及经济环境效应[J]. 中国农业科学, 2020, 53(23): 4879-4890.
- [10] 刘寒双,崔纪菡,刘猛,等. 有机肥替代部分化肥对谷子产量、土壤养分及酶活性的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2022(7): 71-81.
- [11] 万连杰,田洋,何满,等. 不同有机(类)肥料替代化肥对椴柑生长发育与产量品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2022(8): 172-183.
- [12] 李大伟,周加顺,潘根兴,等. 生物质炭基肥施用对蔬菜产量和品质以及氮素农学利用率的影响[J]. 南京农业大学学报, 2016, 39(3): 433-440.
- [13] 乔志刚,付嘉英,郑金伟,等. 不同炭基肥对青椒生长、品质和氮素农学利用率的影响[J]. 土壤通报, 2014, 45(1): 174-179.
- [14] 刘炜. 炭基肥与化肥配施对水稻产量和土壤养分的影响[D]. 南昌: 江西农业大学, 2019.
- [15] 秦亚旭,王冲,郑朝霞,等. 生物炭基肥对苹果产量品质及土壤肥力的影响[J]. 北方园艺, 2020(18): 18-24.
- [16] 张宪政. 植物叶绿素含量测定——丙酮乙醇混合液法[J]. 辽宁农业科学, 1986(3): 26-28.
- [17] 白宝璋,靳占忠,李存东. 植物生理学(下: 实验教程)[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001: 25-26.
- [18] 翁霞,辛广,李云霞. 蒽酮比色法测定马铃薯淀粉总糖的条件研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(17): 86-88.
- [19] Rajender K, Jaswinder K A S, Brar S S, et al. Effect of straw mulch and integrated nitrogen management on yield and quality of turmeric under North Indian plains[J]. Indian Journal of Horticulture, 2017, 74(2): 240-244.
- [20] Ghosh A, Dey K, BhowmiCK N, et al. Lemon cv. Assam lemon (*Citrus limon* Burm.) quality and soil-leaf nutrient availability affected by different pruning intensities and nutrient management[J]. Current Science, 2017, 112(10): 2051-2065.
- [21] 韩悌倩,刘震,刘玉汇,等. 减氮及有机替代对马铃薯根系形态和产量的影响[J]. 浙江农业学报, 2020, 32(12): 2111-2118.
- [22] Shiferaw B. Effect of organic and inorganic fertilizer application and seedbed preparation on potato yield and soil properties on Alisols of Chencha[J]. International Journal of Natural Sciences Research, 2016, 2(8): 68-75.
- [23] 张亮,孙磊,苏航,等. 有机肥和无机肥对马铃薯生长发育及块茎产量的影响[J]. 土壤, 2020, 52(4): 862-866.
- [24] 王卫忠. 炭基有机肥在马铃薯上的应用效果研究[D]. 张家口: 河北北方学院, 2021.
- [25] 任少勇. 炭基肥对马铃薯生育及土壤特性的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.
- [26] 杨芳芳. 盐碱胁迫下炭基有机肥对甜菜生长及其根际土壤特性的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
- [27] Bart Kerré, Bernd W, Yannah C, et al. Long-term presence of charcoal increases maize yield in Belgium due to increased soil water availability[J]. European Journal of Agronomy, 2017, 91: 10-15.

Effects of combined application of carbon-based organic fertilizer and chemical fertilizer on growth and yield and quality of potato

LAN Hui-zhi, WANG Ze-yu, WANG Xin-hui, XU Jian-hua, ZHAO Zi-xuan, GUO Hao-yun, MENG Hong-yu, ZHANG Xiu-hai, HUANG Wei* (College of Agriculture and Forestry Science and Technology, Hebei North University, Zhangjiakou Hebei 075000)

Abstract: In order to reduce the amount of chemical fertilizer, improve the quality and yield, and provide a theoretical basis for fertilizer reduction and improvement of high yield and efficiency in potato production, the effects of combined application of carbon-based organic fertilizer and chemical fertilizer on the growth and yield of potato were explored. A field experiment was conducted using 'Helan 15' as material. Seven treatments were set up, including without fertilizer (CK), chemical fertilizer alone (T1), carbon-based organic fertilizer alone (T2), chemical fertilizer and carbon-based organic fertilizer with the maximum amount of application (T3), chemical fertilizer with the maximum amount of application and carbon-based organic fertilizer with half the maximum amount application (T4), chemical fertilizer with half the maximum amount applied and carbon-based organic fertilizer with maximum amount of application (T5), both chemical fertilizer and carbon-based organic fertilizer with half the maximum amount application (T6). The indicators such as plant height, stem diameter, crown width, chlorophyll content, net photosynthetic rate, dry and fresh weight of plant, yield and quality of potato at different periods were studied for the purpose to determine the optimum fertilization scheme for potato production in Zhangjiakou region of Hebei province. The results showed that carbon-based organic fertilizer with chemical fertilizer treatments promoted the growth of potato, compared with chemical fertilizer and carbon-based organic fertilizer treatments, and the effect of T6 treatment was the best. At the harvest time, the plant height, stem diameter, fresh and dry weight above ground of potato of T6 treatment were significantly higher than that of CK, increased by 12.47%、33.43%、75.83% and 134.25%, respectively. Compared with CK, the crown width of T6 increased by 13.19%, but the difference was not significant. The total chlorophyll content and net photosynthetic rate of T6 were also significantly different from those of CK, which was 2.97 and 2.21 times of CK, respectively. The content of vitamin C and protein of T6 were the highest in all fertilization treatments, and it was significantly higher than that in other treatments, increased by 29.95% and 41.36%, compared with CK, respectively. The starch content of T6 treatment was significantly higher than that of CK, T1 and T2 treatment, had no significant difference from that of T3, T4 and T5 treatment; The starch content of T6 treatment was increased by 10.09%, compared with CK. The yield and economic benefit of T5 treatment were the highest, and there was no significant difference between T5 and T6 treatment, while there were obvious differences between the two treatments and other treatments, compared with CK, the yield and economic benefit of the two treatments were increased by 87.04% and 83.24%, respectively. In conclusion, in the production of potato in Zhangjiakou region of Hebei province, the T6 treatment could achieve the goal to promote potato growth, enhance photosynthesis, increase the yield and economic benefit, improve potato quality. Therefore, T6 treatment was a suitable fertilization scheme for potato grown in Zhangjiakou region of Hebei province.

Key words: potato; carbon-based organic fertilizer; chemical fertilizer; growth; yield; quality