



徐莹莹,刘玉涛,王宇先,等. 黑龙江省西部地区秸秆还田方式对土壤性状及玉米产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2021(10):9-13.

黑龙江省西部地区秸秆还田方式对土壤性状及玉米产量的影响

徐莹莹,刘玉涛,王宇先,杨慧莹,高盼,王晨,王淑荣,徐婷
(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为提升耕地质量,实现秸秆资源循环利用,通过多年定位试验,研究了黑龙江省西部地区不同秸秆还田方式对土壤理化性状、玉米产量及机械耗能的影响。结果表明:播种前和成熟期土壤容重均表现为 CK>覆盖还田>碎混还田>翻埋还田。秸秆覆盖还田可提高土壤含水量,缓解春季干旱。成熟期有机质含量表现为覆盖还田>碎混还田>翻埋还田>CK,较 CK 分别增加 0.29、0.23 和 0.20 g·kg⁻¹。覆盖还田、碎混还田和翻埋还田均能提高土壤全量养分含量,最终使玉米增产 2.9%、8.3%和 10.2%。油耗和作业阻力表现为翻埋还田>碎混还田>CK>覆盖还田。综合各项指标来看,可考虑将不同还田方式相结合的“轮替制”,以达到兼顾“改土壤、促增产、降能耗”的理想效果。

关键词:黑龙江省西部;秸秆还田方式;土壤性状;玉米产量;机械耗能

黑龙江省西部地区是我国玉米重要主产区,然而由于该区干旱少雨的气候特点及农民传统旋耕耕作习惯,导致土壤风蚀严重,土壤质构欠佳,生物活性降低,作物单产水平不高且不稳等问题。同时每年产生的大量秸秆难以处理,打捆移出导致成本增加。研究表明,秸秆直接还田具有防风固沙、蓄水保墒、提升地力等作用,是东北地区提升耕地质量,降低成本,实现秸秆资源循环利用的重要措施^[1-6]。近年来,东北地区常用的秸秆还田方式包括覆盖、碎混和翻埋还田^[6]。但不同还田方式在不同气候区应用效果有所差异,且目前对黑龙江西部地区秸秆还田方式尚缺乏系统研究。

因此,本研究依托西部地区耕作多年定位试验平台,重点开展秸秆覆盖、碎混和翻埋还田方式技术研究,通过对不同还田方式下土壤性状、玉米产量、机械作业参数等指标的比较分析,选择出适宜的还田方式,以解决玉米生产中的瓶颈问题。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2020 年在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院试验地(47°15'N、123°40'E)开展,该区属于松嫩平原西部半干旱区,土壤类型为碳酸盐黑钙土。土壤基础肥力详见表 1。

表 1 土壤基础肥力

碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	有效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	有机质/(g·kg ⁻¹)	全氮/%	全磷/%	全钾/%	pH
100	16.9	134	26.5	0.16	0.09	0.50	7.82

1.2 材料

供试玉米品种为嫩单 19,保苗 7.5 万株·hm⁻²。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验以旋耕秸秆不还田(玉米机械化收获秸秆移除→翌年春季播种前旋耕灭茬)作对照(CK),共设置 3 种还田方式,分别为秸

秆覆盖还田(玉米机械化收获抛撒秸秆→翌年春季播种前秸秆二次粉碎→免耕播种)、秸秆碎混还田(玉米机械化收获抛撒秸秆→秸秆二次粉碎→松、耙秸秆碎混还田→翌年免耕播种)、秸秆翻埋还田(玉米机械化收获抛撒秸秆→液压翻转犁翻埋秸秆还田、重耙→翌年免耕播种),采用大区对比,不设重复,每个处理 0.33 hm²,秸秆还田量为 9 000 kg·hm⁻²。春季一次性施入长效肥(氮 14%、磷 22%、钾 14%),施肥量为 750 kg·hm⁻²。

1.3.2 测定项目及方法 分别采用环刀法和烘干法于播种前和成熟期测定土层 0~20 cm 的土壤容重和土壤质量含水量。土壤全氮、磷、钾含量

收稿日期:2021-07-27

基金项目:黑龙江省科技计划省院科技合作项目(YS20B09);齐齐哈尔市科技计划创新激励项目(CNYGG-2020032)。

第一作者:徐莹莹(1989—),女,硕士,助理研究员,从事作物耕作栽培及农业微生物研究。E-mail:ghdetongzhuo@163.com。

和有机质含量测定参照《土壤农化分析》^[7]。玉米生育期分别测定根系活力(TTC法)和株高,成熟期测定植株地上部干物质重。成熟期测定籽粒产量(14%标准含水量)。机械作业参数包括机械作业深度、作业效率、耗油量和耕作阻力。

1.3.3 数据分析 采用 Excel 2003 和 SPSS 19.0 软件中的 LSD 进行数据分析和处理。

2 结果与分析

2.1 不同还田方式对土壤物理性状的影响

土壤容重和含水量是反映土壤物理性状的重要指标,受耕作措施影响较大^[8-9]。如图 1 所示,播种前和成熟期土壤容重均表现为 CK>覆盖还田>碎混还田>翻埋还田,说明翻埋还田和碎混还田能通过疏松土壤的耕作方式来降低土壤容重。

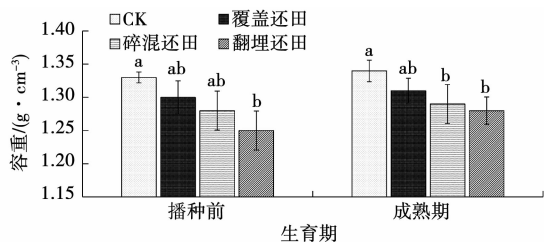


图 1 不同还田方式下土壤容重

注:小写字母表示处理间差异显著性($P < 0.05$)。下同。

如图 2 所示,在春季播种前,土壤水分含量表现为秸秆覆盖还田最高,其次为 CK 和碎混还田,秸秆翻埋还田最低。这是由于受当地气候影响,春季风大干旱,秸秆覆盖有利于减少风蚀,缓解土壤干旱,具有保水作用,而翻埋处理,机械对土壤搅动较大,加速土壤水分挥发,因此该处理下土壤含水量较低。成熟期,土壤含水量表现为覆盖还田>碎混还田>翻埋还田>CK,这是由于该生育期内降水量充沛,与 CK 相比,其他 3 种处理下,土壤更易吸水、保水,因此土壤水分含量较高。

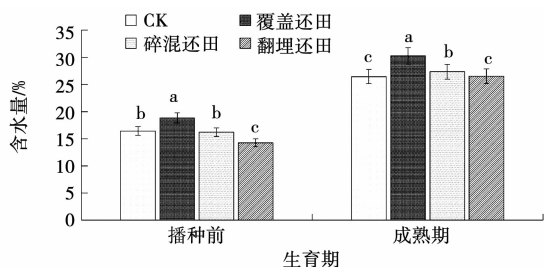


图 2 不同还田方式下土壤含水量

2.2 不同还田方式对土壤化学性状的影响

2.2.1 全氮含量 土壤全量养分是土壤重要化学指标,指示土壤质量状况,作物生长的好坏与其含量多少密切相关^[10-11]。如表 2 所示,播种前至成熟期,CK 全氮含量与其他 3 种处理表现出不同的变化趋势,覆盖、碎混和翻埋还田全氮含量呈先下降后上升趋势,CK 呈持续下降趋势。成熟期,碎混还田全氮含量最大,其次为翻埋还田和覆盖还田,CK 处理下全氮含量最小。这可能是由于秸秆中含有大量有机氮,还田后经过一段时间转化贮存于土壤中,因此,在秸秆还田耕作措施下土壤全氮含量显著提高,且相较于覆盖和翻埋还田,碎混还田秸秆腐解速率更快,释放到土壤中的氮素更多,因此其全氮含量更高。

2.2.2 全磷含量 播种前至成熟期,4 种处理全磷含量均呈先降低后升高趋势,即拔节期含量最低,成熟期含量最高,说明玉米在拔节期生长时对土壤全磷的消耗较大。播种前、拔节期和成熟期全磷含量表现均为翻埋还田>碎混还田>覆盖还田>CK,说明秸秆还田更有利于土壤全磷的积累。

2.2.3 全钾含量 播种前、拔节期和成熟期,CK 全钾含量均与其他 3 种处理差异显著,成熟期与 CK 相比,覆盖还田、碎混还田和翻埋还田全钾含量分别增加 35.5%、31.7% 和 42.8%。成熟期 3 种秸秆还田处理下全钾含量均较播种前增加,而 CK 较播种前减少,说明无秸秆还田情况下,随着生育进程推进,土壤中的全钾被逐渐消耗,而秸秆还田情况下,全钾在满足作物生长消耗的同时在土壤中积累。

2.2.4 有机质含量 土壤有机质是土壤重要组成成分,丰富的有机质能够改善土壤质构,加速生物活动,促进养分分解,提高土壤肥力,进而促进作物的生长发育^[12-13]。成熟期,有机质含量表现为覆盖还田>碎混还田>翻埋还田>CK,较 CK 分别增加 0.29、0.23 和 0.20 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,说明秸秆还田能够提高土壤有机质含量,且由于覆盖还田对土壤搅动小,更利于有机质的积累。

2.3 不同还田方式对玉米生长的影响

2.3.1 根系活力 TTC 还原量可作为衡量根系活力的指标,其表征的根系活力(土层 0~20 cm)测定结果如图 3 所示,4 种还田方式下,根系活力呈相同变化趋势,苗期至拔节期逐渐增大,拔节期达到最大值,成熟期呈下降趋势。拔节期

碎混还田的根系活力显著大于其他处理,这可能是由于碎混秸秆还田更有利于改良土壤结构,改善水、肥、气、热状况,促进根系生长,提高其活性。

表 2 不同还田方式下土壤化学指标 单位:g·kg⁻¹

指标	还田方式	播种前	拔节期	成熟期
全氮	CK	0.84±0.03 b	0.75±0.02 b	0.71±0.02 c
	覆盖还田	1.13±0.02 a	1.08±0.04 a	1.16±0.04 b
	碎混还田	1.19±0.04 a	1.12±0.03 a	1.28±0.04 a
	翻埋还田	1.18±0.02 a	1.11±0.03 a	1.26±0.02 a
全磷	CK	0.88±0.03 c	0.77±0.04 c	0.91±0.03 c
	覆盖还田	1.02±0.02 b	0.96±0.04 b	1.12±0.02 b
	碎混还田	1.06±0.03 b	0.98±0.03 b	1.17±0.03 b
	翻埋还田	1.14±0.03 a	1.09±0.04 a	1.24±0.02 a
全钾	CK	17.53±0.25 c	16.91±0.51 c	16.04±0.21 c
	覆盖还田	21.56±0.24 a	18.43±0.83 b	21.73±0.07 b
	碎混还田	18.91±0.31 b	20.31±0.81 a	21.13±0.58 b
	翻埋还田	21.34±0.54 a	21.70±0.28 a	22.90±0.17 a
有机质	CK	-	-	26.32±0.10 a
	覆盖还田	-	-	26.61±0.11 a
	碎混还田	-	-	26.55±0.13 a
	翻埋还田	-	-	26.52±0.09 a

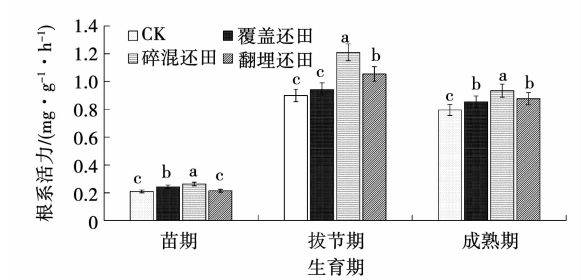


图 3 不同还田方式下玉米根系活力

2.3.2 株高和地上干物质重 如图 4 和图 5 所示,苗期翻埋还田的株高显著高于其他 3 种处理,其他各时期不同处理的株高差异不显著。干物质重在拔节期和成熟期均表现为秸秆还田处理显著高于 CK,说明秸秆还田对增加干物质重效果明显,这是由于秸秆还田有助于改良土壤结构,提高土壤通透性和保水性,同时,秸秆连续多年还田向土壤注入大量有机碳源和氮源,促进有机质积累,扩大土壤养分库容。成熟期,翻埋还田、碎混还田和覆盖还田的地上部干物质重分别比 CK 增加 20.9%、10.6%和 4.7%。

2.4 不同还田方式对玉米产量的影响

如图 6 所示,产量表现为翻埋还田>碎混还田>覆盖还田>CK,和 CK 相比,3 种处理产量分别提高 10.2%、8.3%和 2.9%。

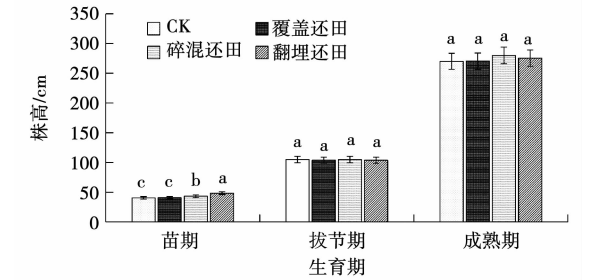


图 4 不同还田方式下玉米株高

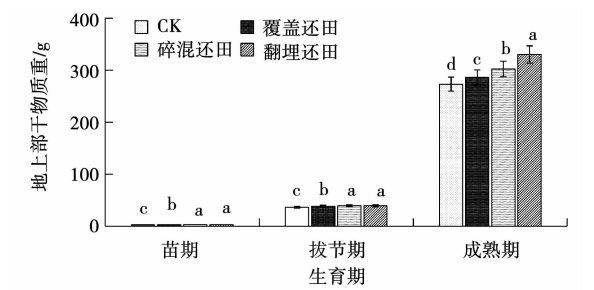


图 5 不同还田方式下玉米地上部干物质重

2.5 机械作业参数

如表 3 所示,从油耗量和耕作阻力来看,翻埋还田>碎混还田>CK>覆盖还田。从单项作业项目来看,深翻作业是全需耕作,阻力、油耗最大,效率较低。对照旋耕作业效率较低,油耗较大,阻力比深松小,但作业深度浅,易造成耕层压实,形

成犁底层。深松作业阻力比深翻小,油耗比深翻和旋耕小,且效率高于深翻和旋耕,此外深松较旋耕作业深度增加,能够打破犁底层,为作物生长提供更适宜的耕层结构。

表 3 机械作业参数

还田方式	作业项目	耕深/cm	作业效率(hm ² ·h ⁻¹)	耗油量/(L·hm ⁻²)	耕作阻力/(kN·m ⁻¹)
CK	灭茬+旋耕	20	0.67	43.5	9.30
覆盖还田	秸秆粉碎	—	1.25	23.0	5.78
碎混还田	秸秆粉碎	—	1.25	23.0	5.78
	深松	30	1.34	21.4	6.56
	合计	—	—	44.4	12.34
翻埋还田	深翻	30	0.96	35.3	19.04
	耙地	—	1.97	14.6	6.49
	合计	—	—	49.9	25.53

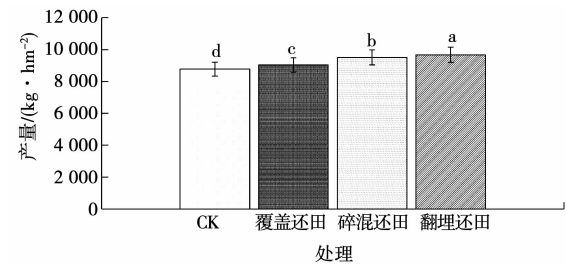


图 6 不同还田方式下的玉米产量

3 讨论与结论

3.1 还田方式对土壤理化性状的影响

土壤容重和含水量与耕作措施密切相关。本研究中,播种前与 CK 相比,翻埋还田能显著降低耕层土壤容重,使容重降低 6.0%,覆盖还田使土壤含水量增加 14.7%,这与之前的研究结果相一致^[14-15]。机械深翻作业能够显著疏松土壤,降低土壤紧实度,对打破犁底层效果显著^[16]。覆盖还田下,地表秸秆能够抑制土壤水分蒸发,起到保墒作用。同时,依靠秸秆松散的结构吸附降水,促进水分入渗,并在达到饱和后释放自身吸收的水分,从而增强土壤贮水能力。

适宜的还田方式能够提高土壤质量,为作物生长提供更适宜的养分环境^[17]。本研究中,覆盖、碎混和翻埋还田均能提高土壤全氮、磷、钾和速效氮、磷、钾以及有机质的含量,这与前人研究结果相一致^[18-19]。覆盖、碎混和翻埋还田下的有机质含量较 CK 分别增加 0.29、0.23 和 0.20 g·kg⁻¹。秸秆还田能够促进土壤养分及有机质含量的积累,可能是由于外源秸秆的加入给土壤添加了大量有机质,激发土壤生物效应,促进微生物对秸秆有机质的分解利用与土壤固持,因此大大提高了土壤养分和有机质含量。同时,和碎混、翻埋还田方式相比,秸秆覆盖还田对土壤搅动小,更有利于土壤有机质的固持。

3.2 还田方式对玉米产量的影响

研究表明,秸秆还田等耕作措施有利于作物增产^[20-21]。本研究结果也表明,3 种还田处理下玉米产量显著高于 CK。和 CK 相比,翻埋、碎混和覆盖还田产量分别提高 10.2%、8.3% 和 2.9%。但也有研究认为,秸秆还田增产效果不明显或减产^[22],这可能是由于还田方式不当,造成播种质量差,影响出苗,进而影响产量^[23]。

3.3 还田方式机械作业参数比较

本研究中,从油耗和作业阻力来看,翻埋还田>碎混还田>CK>覆盖还田。和覆盖还田相比,其他 3 种处理油耗分别增加 117.0%、93.0% 和 89.1%,阻力分别增加 341.7%、113.5% 和 60.9%。覆盖还田省去其他作业环节,只需秸秆二次粉碎,因此机械耗能要远远小于其他处理。尽管翻埋和碎混还田机械动力消耗较大,但结合土壤和作物其他指标来看,二者改良土壤质构和促进玉米增产效果更为显著。

综合土壤质构、玉米产量及机械作业参数等指标,本研究认为,覆盖还田在增强土壤蓄水保墒能力、降低机械动力消耗方面效果更佳,碎混还田在各方面均表现适中,翻埋还田在提高土壤全量养分含量、促进玉米增产方面效果更佳。由此可见,在选择还田方式时可考虑将不同还田方式相结合的“轮替制”,从而达到兼顾“改土壤、促增产、降能耗”的理想效果。此外,由于每年气候环境不同,各还田方式应用效果也会受到影响,因此,连续长期定位试验仍是下一步研究重点。

参考文献:

[1] 马立晓,李婧,邹智超,等.免耕和秸秆还田对我国土壤碳循环酶活性影响的荟萃分析[J].中国农业科学,2021,54(9):1913-1925.

[2] 周正萍,田宝庚,陈婉华,等.不同耕作方式与秸秆还田对土壤养分及小麦产量和品质的影响[J].作物杂志,2021(3):78-83.

- [3] 解占军,柳赞博,韩瑛祚,等. 秸秆还田条件下氮肥对玉米产量和土壤肥力的影响[J]. 辽宁农业科学, 2021(2):31-33.
- [4] 张海晶,王少杰,田春杰,等. 玉米秸秆及其生物炭对东北黑土溶解有机质特性的影响[J]. 水土保持学报, 2021, 35(2): 243-250.
- [5] 刘剑钊,袁静超,梁尧,等. 玉米秸秆全量深翻还田地力提升技术模式实证及效益分析[J]. 作物杂志, 2021(2): 135-139.
- [6] 姜英,王峥宇,廉宏利,等. 耕作和秸秆还田方式对东北春玉米吐丝期根系特征及产量的影响[J]. 中国农业科学, 2020, 53(15):3071-3082.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 岳杨,孙盼盼,张艳辉,等. 秸秆还田方式对土壤物理性状及春玉米产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(11): 35-38.
- [9] 刘萌,付威,樊军,等. 耕作与覆盖措施对黄土塬区春玉米田土壤水气传输的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(5):814-825.
- [10] 宋秀丽,林小娟,王冰雪,等. 不同种植方式对土壤理化性质及玉米生长的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2021(3): 7-15.
- [11] 黄尚书,钟义军,黄欠如,等. 耕作深度及培肥方式对红壤坡耕地土壤理化性质及作物产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2020(4):72-83.
- [12] 周正萍,田宝庚,陈婉华,等. 不同耕作方式与秸秆还田对土壤养分及小麦产量和品质的影响[J]. 作物杂志, 2021(3):78-83.
- [13] 高燕,张延,张畅,等. 耕作方式和种植模式对黑土碳氮含量及玉米产量年际变化的交互效应[J]. 土壤与作物, 2020, 9(4):323-334.
- [14] 栾天浩,刘云强,高阳,等. 不同秸秆还田方式对玉米产量及土壤理化性质的影响[J]. 东北农业科学, 2020, 45(6): 64-67, 77.
- [15] 高盼,徐莹莹,杨慧莹,等. 玉米秸秆不同还田方式对黑钙土物理性质和产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2017(4): 31-34.
- [16] 闫秋艳,董飞,贾亚琴,等. 耕作方式对旱地麦田土壤蓄水变化特征及小麦产量的影响[J]. 水土保持学报, 2021, 35(1):222-228.
- [17] 邱琛,韩晓增,陆欣春,等. 东北黑土区玉米秸秆还田对土壤肥力及作物产量的影响[J]. 土壤与作物, 2020, 9(3): 277-286.
- [18] 崔正果. 不同年限玉米秸秆还田对黑土壤理化性状以及土壤微生物的影响[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
- [19] 郭小春,马向峰,杨晓军,等. 不同耕作方式对西北地区春玉米土壤物理性状及产量的影响[J]. 玉米科学, 2020, 28(3):127-134.
- [20] 岳杨,孙盼盼,张艳辉,等. 秸秆还田方式对土壤物理性状及春玉米产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(11): 35-38.
- [21] 韩昌. 全量秸秆翻耕对土壤理化性状及玉米产量的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020.
- [22] SONG K, ZHENG X, LV W, et al. Effects of tillage and straw return on water-stable aggregates, carbon stabilization and crop yield in an estuarine alluvial soil[J]. Scientific Reports, 2019, 9(1):30-36.
- [23] 李少昆,王克如,冯聚凯,等. 玉米秸秆还田与不同耕作方式下影响小麦出苗的因素[J]. 作物学报, 2006(3): 463-465, 478.

Effects of Straw Returning Methods on Soil Properties and Maize Yield in Western Heilongjiang Province

XU Ying-ying, LIU Yu-tao, WANG Yu-xian, YANG Hui-ying, GAO Pan, WANG Chen, WANG Shu-rong, XU Ting

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

Abstract: In order to improve the quality of cultivated land and realize the recycling of straw resources, the effects of different straw returning methods on soil physical and chemical properties, maize yield and mechanical energy consumption were studied through many years of experiments. The results showed that the soil bulk density before sowing and in mature period was CK>straw mulching returning>straw crushing returning>straw ploughing returning. Straw mulching returning could increase soil water content and alleviate spring drought. The organic matter content in mature period was as follows: straw mulching returning>straw crushing returning>straw ploughing returning>CK, compared with CK, which increased by 0.29, 0.23 and 0.20 g·kg⁻¹, respectively. Straw mulching returning, straw crushing returning and straw ploughing returning could increase the total nutrient content of soil, and ultimately increase the yield of maize by 2.9%, 8.3% and 10.2%, respectively. The fuel consumption and operation resistance were as follows: straw ploughing returning>straw crushing returning>CK>straw mulching returning. Based on the indicators, we could consider the application of "rotation system" combining different returning methods to achieve the ideal effect of "improving soil, increasing yield and reducing energy consumption".

Keywords: western Heilongjiang Province; straw returning method; soil properties; maize yield; mechanical energy consumption