

早熟与常规熟期冬油菜品种养分吸收规律差异研究

胡宇倩 资涛 熊廷浩 张振华 宋海星

(湖南农业大学资源环境学院/土壤肥料资源高效利用国家工程实验室/农田污染控制与农业资源利用
湖南省重点实验室/植物营养湖南省普通高等学校重点实验室, 410128, 湖南长沙)

摘要 探明南方三熟区早熟与常规熟期冬油菜品种在干物质积累及养分吸收方面的规律差异, 为稻—稻—油三熟制油菜施肥提供依据。于2017年冬季至2018年春季在湖南衡阳布置田间小区试验, 供试品种为早熟品种湘油420和湘油642、常规熟期品种湘油1035和湘杂油710×1035, 间隔10~15d取样, 监测4个油菜品种的干物质积累动态, 氮、磷、钾元素吸收的时空特征及产量。早熟冬油菜品种与常规熟期冬油菜品种的产量及产量收获指数无显著差异, 早熟冬油菜品种的干物质、磷在花期—角果期积累比例最大, 分别为79.9%~80.0%、69.3%~79.5%, 氮、钾积累量在花期的比例最大, 分别为46.8%~47.7%、39.9%~52.3%; 常规熟期冬油菜品种的干物质、磷、钾在花期积累比例最大, 分别为37.1%~38.6%、44.1%~49.3%、32.8%~36.2%, 氮在苗期的积累比例最大(48.6%~73.9%)。相较于常规熟期冬油菜品种, 早熟冬油菜品种对干物质及养分的吸收高峰推迟, 干物质和磷、钾养分累积多集中在花期—角果期。冬油菜的养分积累量随干物质积累量的增大而提高。早熟冬油菜品种生育期185d, 较常规熟期冬油菜品种短15d, 能缓解稻油轮作时茬口矛盾; 收获期早熟冬油菜品种氮、磷积累量明显高于常规熟期冬油菜品种, 氮、磷、钾累积特性适用于缓控释肥养分释放速率慢、周期长的释肥特性。早熟冬油菜品种生育期短且养分积累量高, 在南方三熟区存在季节优势和养分积累优势, 适宜在南方三熟区大面积推广。

关键词 早熟冬油菜; 干物质; 营养元素; 吸收规律

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



油菜是世界上重要的油料作物之一, 我国食用植物油自给率仅35%, 对外依存度超过60%^[1], 而国产油料作物中, 菜籽油占总产油量的55%以上^[2]。因此, 研究适宜南方三熟区稻—稻—油复种模式的早熟冬油菜品种, 对增大长江中下游地区冬油菜种植面积、提高产量具有重要意义。双季稻区冬闲田油菜面积潜力占我国油菜面积总潜力近80%^[3], 充分利用双季稻冬闲田可极大改善目前油菜种植面积达到阈值的现状。稻—油轮作可提高土壤总氮固化率, 降低土壤氮素残留, 优化氮素管理^[4], 有利于油菜后期生长^[5], 实现作物高产高效。秸秆还田可增加土壤养分, 在一定程度上降低化肥的施用量, 增加水稻产量^[6]。在优化种植模式的前提下, 了解早熟冬油菜品种的生长特性及养分吸收规律, 也是提高籽粒产量和品质的重要途径之一。近年来对常规熟期冬油菜的干物质积累特性及各养分吸收规律的研究较多, 不同品种的干物质及

养分积累各有其特点。冬油菜对氮、磷的吸收高峰在苗期、花期、角果期, 对钾的吸收高峰在苗期、薹期—花期^[7], 曹金华等^[8]研究表明薹期—花期为干物质与养分积累的最大时期; 刘晓伟等^[9]研究表明冬油菜干物质最大积累量在花期, 冬油菜对氮、磷、钾的最大吸收量均在苗期; 邹娟等^[10]研究表明氮的最大净增量在苗期, 干物质、磷、钾最大净增量在花期。这些研究结果对冬油菜在不同时期施用不同比例的肥料提供了一些理论指导。

稻—稻—油三熟制中作物收获、播种时间节点矛盾大, 严重限制了三熟区农业生产。为解决茬口问题、充分利用双季稻冬闲田, 育种学家们培育了早熟冬油菜品种。与常规熟期冬油菜品种相比, 早熟冬油菜品种的生育期明显缩短, 其养分吸收规律不同, 施肥技术也不应完全照搬以往常规熟期冬油菜品种的研究成果。刘宝林等^[11]研究了早熟冬油菜品种不同生育时期的氮吸收特性, 田昌等^[12]

作者简介: 胡宇倩, 主要从事土壤肥力与作物施肥技术研究, E-mail: 864267316@qq.com

宋海星为通信作者, 主要从事植物养分高效生理机制研究, E-mail: shx723@163.com

基金项目: 国家重点研发计划项目: 油菜化肥农药减施技术集成研究与示范(2018YFD0200900)

收稿日期: 2019-07-05; 修回日期: 2019-10-22; 网络出版日期: 2020-01-19

研究表明,早熟油菜湘杂油 1613 在花期的氮净增量最大。已有研究缺乏对早熟冬油菜品种生长特性及多种养分吸收规律的研究。合理的氮肥施用量可明显促进早熟冬油菜品种的干物质积累^[13],从而提高植株养分的积累量;因此了解冬油菜干物质及养分积累高峰期,有利于采取适宜的施肥措施提高早熟冬油菜品种的干物质及养分积累量。为揭示南方三熟区早熟冬油菜品种的养分吸收规律,本试验从早熟冬油菜品种养分吸收累积特征、干物质累积特征及氮、磷、钾吸收累积与干物质累积之间的关系进行研究,为早熟冬油菜品种在南方三熟区的种植施肥、推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点和材料

试验于 2017–2018 年在湖南衡阳 (E112.6°, N26.9°) 进行,该地区属亚热带季风性气候区,年日照时数约 1 350h,年平均温度 18℃,年降水量约 1 500mm。试验田前作为水稻,土壤为壤土,油菜播种前土壤全氮 1.52g/kg、全磷 0.74g/kg、全钾 17.87g/kg、碱解氮 144.51mg/kg、速效磷 14.70mg/kg、速效钾 178.89mg/kg。

试验品种:2 个早熟冬油菜品种 (湘油 420、湘油 642),2 个常规熟期冬油菜品种 (湘油 1035、湘杂油 710 × 1035)。

1.2 试验设计

于 2017 年 10 月 10 日播种,2018 年 4 月 17 日收获早熟冬油菜品种,2018 年 5 月 1 日收获常规熟期冬油菜品种。选用肥力均匀的中等肥力土壤进行小区试验,小区面积 20m² (1m × 20m)。试验设 4 个品种处理,3 次重复,随机区组排列。采用直播方式,种植密度为 30 万株/hm² (每小区 50 行,每行 12 株,行距 40cm,株距 8cm),条播后通过三叶期和五叶期 2 次间苗确定保苗株数。供试肥料为尿素 (含 N 46%)、过磷酸钙 (含 P₂O₅ 12%)、氯化钾 (含 K₂O 60%)、硼砂 (含 B 11%),用量分别为 180kg N/hm²、90kg P₂O₅/hm²、105kg K₂O/hm²、1.5kg B/hm²。其中,氮肥按照基肥:苗肥:薹肥 = 5:3:2 施用,磷、钾、硼肥全部作基肥施用。基肥结合翻地施用,苗肥与薹肥条施覆土。其他管理按当地高产田生产习惯进行,特别要注意防病、虫、草害。

1.3 生育期划分

早熟品种:苗期,播种后 70d;薹期,播种

后 71~90d;花期,播种后 91~140d;角果期,播种后 141~180d;收获期,播种后 181~185d。常规熟期品种:苗期,播种后 90d;薹期,播种后 91~120d;花期,播种后 121~165d;角果期,播种后 166~195d;收获期,播种后 196~200d。

1.4 取样与测定方法

1.4.1 取样方法 全生育期间隔取样,出苗 1 个月开始每隔 10~15d 取 1 次植株地上部 (子叶节处切割) 样品,抽薹前取 12 株,薹期开始取 7 株,洗净烘干后称重。早熟冬油菜品种和常规熟期冬油菜品种全生育期分别取样 14 次和 15 次。取样时将整株带根挖出,用去离子水洗净泥土,去掉根部,于 105℃ 杀青 30min,于 65℃ 恒温烘干称重。经瓷研钵磨碎后测定氮、磷、钾养分的含量。籽粒养分测定方法与地上部样品一致。收获期每个小区避开取样区域收割 10m²,经后熟作用并晒干,10d 后脱粒称重,烘干后籽粒含水量为 5% 时计算实际产量。

1.4.2 植株养分指标 植株样品用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮法消煮后,分别采用凯氏定氮法、钒钼黄比色法和火焰光度法测定全氮、全磷、全钾含量^[14]。

1.5 数据计算与统计分析

产量收获指数 (%) = 油菜籽粒质量 / (收获期茎叶质量 + 角果皮质量 + 籽粒质量) × 100; 养分收获指数 (%) = 收获期籽粒养分含量 / 收获期植株总养分含量 × 100。

采用 Microsoft Excel 2003 和 DPS 17.10 软件对数据进行统计分析、单因素方差分析, LSD 法进行显著性检验 (P=0.05), 采用 Microsoft Excel 2003 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 不同熟期冬油菜品种干物质与养分积累差异

如表 1 所示,比较高产组 (湘油 420、湘油 1035,下同) 与低产组 (湘油 642、湘杂油 710 × 1035,下同) 的干物质积累量及籽粒产量可知,早熟冬油菜品种与常规熟期冬油菜品种无显著差异。在收获期,早熟冬油菜品种的氮积累量显著高于常规熟期冬油菜品种,即早熟冬油菜品种对氮的吸收累积能力更强,钾积累量低于常规熟期冬油菜品种;比较高产组与低产组,两种熟期冬油菜品种的磷积累量无显著差异。

由表 2 可知,早熟冬油菜品种的产量收获指数与常规熟期冬油菜品种无显著差异。比较高产组

表 1 两种熟期冬油菜品种收获期干物质及养分积累量差异比较

Table 1 Comparison of dry matter and nutrient accumulation between two kinds of winter rape cultivars at harvest stage kg/hm²

品种 Cultivar	总干物质 Total dry matter	籽粒产量 Oilseed yield	氮 Nitrogen	磷 Phosphorus	钾 Potassium
湘油 420 Xiangyou 420	12 412ab	3 433a	134.1a	31.7a	302.4a
湘油 642 Xiangyou 642	9 685b	2 187b	117.4b	28.4ab	248.9b
湘油 1035 Xiangyou 1035	13 427a	3 180a	109.1b	27.4ab	322.7a
湘杂油 710×1035 Xiangzayou 710×1035	11 326ab	2 688ab	93.5c	23.5b	303.1a

注：不同字母表示处理间差异显著（ $P<0.05$ ），下同

Note: Different letters mean significant difference among treatments at 0.05 level, the same below

与低产组，早熟冬油菜品种的钾收获指数显著高于常规熟期冬油菜品种，这有助于提高早熟冬油菜品种的籽粒品质，氮收获指数显著低于常规熟期冬油菜品种；高产组中早熟冬油菜品种的磷收获指数与常规熟期冬油菜品种无显著差异，低产组中的早熟冬油菜品种的磷收获指数显著低于常规熟期冬油菜品种。

表 2 两种熟期冬油菜品种的产量及养分收获指数

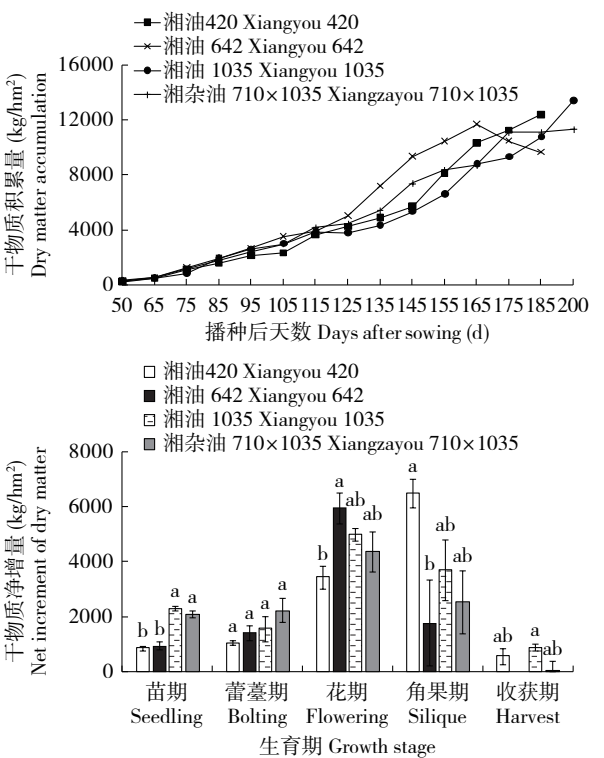
Table 2 Yield and nutrient yield indexes of two kinds of winter rape cultivars at harvest stage %

品种 Cultivar	籽粒产量 Oilseed yield	氮 Nitrogen	磷 Phosphorus	钾 Potassium
湘油 420 Xiangyou 420	27.7a	74.5b	77.8ab	12.7a
湘油 642 Xiangyou 642	22.4b	69.7c	66.6c	9.7b
湘油 1035 Xiangyou 1035	23.7ab	80.8a	76.3b	10.3b
湘杂油 710×1035 Xiangzayou 710×1035	23.7ab	78.8a	82.2a	7.2c

2.2 不同熟期冬油菜品种干物质积累动态差异

分别比较高产组和低产组，两个早熟冬油菜品种的干物质积累量在播种后 125~165d 高于常规熟期冬油菜品种（图 1）。湘油 420 的干物质净增量表现为角果期>花期，分别占干物质总积累量的 52.3%、27.7%；湘油 1035 的干物质净增量表现为花期>角果期，分别占干物质总积累量的 37.1%、27.6%。湘油 642 的干物质净增量表现为花期>角果期，分别占干物质总积累量的 61.5%、18.4%；湘杂油 710×1035 的干物质净增量表现为花期>角果期，分别占干物质总积累量的 38.6%、22.4%（图 1）。

两个早熟冬油菜品种在苗期的干物质净增量显著低于常规熟期冬油菜品种，在其他生育时期，早熟冬油菜品种的干物质净增量增大，且与常规熟期冬油菜品种无显著差异。早熟冬油菜品种的干物



不同小写字母表示处理间差异显著（ $P<0.05$ ）。下同

Different lowercase letters indicate significant difference among treatments at 0.05 level. The same below

图 1 早熟与常规熟期冬油菜品种干物质积累动态及净增量差异

Fig.1 Dry matter accumulation dynamics and net increment variance between winter rape cultivars at early maturity and conventional maturity

质增长集中在花期－角果期阶段，而常规熟期冬油菜品种的干物质增长量集中在花期。

2.3 不同熟期冬油菜品种氮素养分累积动态差异

两个早熟冬油菜品种的氮积累量在生育后期明显高于常规熟期冬油菜品种（图 2）。湘油 420 的氮净增量表现为花期>苗期，分别占氮总积累量的 46.8%、21.3%；湘油 1035 的氮净增量表现为苗期>蕾薹期，分别占氮总积累量的 48.6%、31.2%。湘油 642 的氮净增量表现为花期>蕾薹期，分别占氮总积累量的 47.7%、35.8%，角果期及收获期氮积累量下降，降至 117.4kg/hm²，较生育期最高氮

积累量 $129.9\text{kg}/\text{hm}^2$ 下降 9.6%；湘杂油 710 \times 1035 的氮净增量表现为苗期>蕾薹期，分别占氮总积累量的 73.9%、33.6%，花期后阶段的氮积累量大幅下降，降至 $93.5\text{kg}/\text{hm}^2$ ，较生育期最高氮积累量 $136.1\text{kg}/\text{hm}^2$ 下降 31.3%。

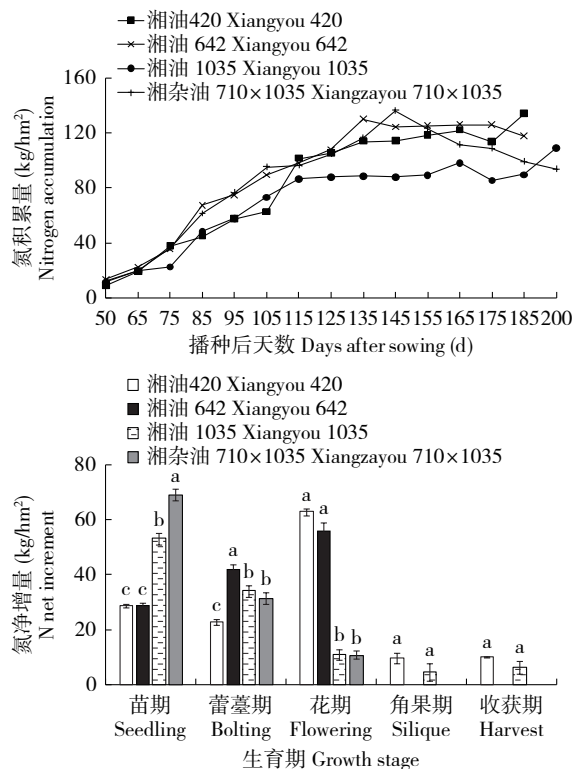


图2 早熟与常规熟期冬油菜品种氮积累动态及净增量差异
Fig.2 Nitrogen accumulation dynamics and net increment variance between winter rape cultivars at early maturity and conventional maturity

两个早熟冬油菜品种在苗期的氮净增量显著低于常规熟期冬油菜品种，早熟冬油菜品种湘油 642 在薹花期、湘油 420 在花期的氮净增量显著高于常规熟期冬油菜品种，氮素积累多集中在苗期-花期阶段。早熟冬油菜品种的氮素积累集中在花期，而常规熟期冬油菜品种的氮素积累集中在苗期。

2.4 不同熟期冬油菜品种磷素养分积累动态差异

两个早熟冬油菜品种的磷积累量从花期开始高于常规熟期冬油菜品种（图3）。湘油 420 的磷净增量表现为角果期>花期，分别占磷总积累量的 47.5%、32.0%；湘油 1035 的磷净增量表现为花期>苗期，分别占磷总积累量的 44.1%、22.2%。湘油 642 的磷净增量表现为花期>角果期，分别占磷总积累量的 45.3%、24.0%；湘杂油 710 \times 1035 的磷净增量表现为花期>苗期，分别占磷总积累量的

49.3%、26.4%。

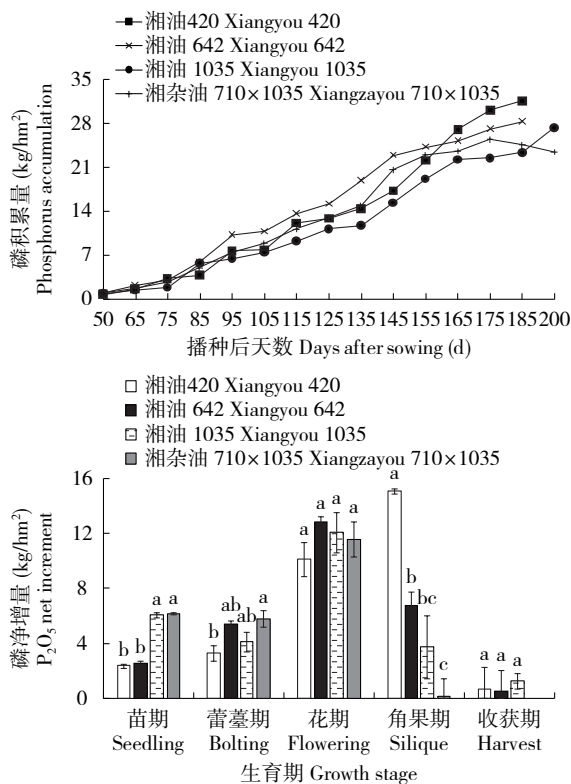


图3 早熟与常规熟期冬油菜品种磷积累动态及净增量差异
Fig.3 Phosphorus accumulation dynamics and net increment variance between winter rape cultivars at early maturity and conventional maturity

两个早熟冬油菜品种在苗期的磷净增量显著低于常规熟期冬油菜品种，在角果期的磷净增量显著高于常规熟期冬油菜品种，可见早熟冬油菜品种在生育后期对磷素的累积强度大于常规熟期冬油菜品种。早熟冬油菜品种的磷素积累集中在花期-角果期，而常规熟期冬油菜品种的磷素积累集中在花期。

2.5 不同熟期冬油菜品种钾素养分积累动态差异

如图4所示，湘油 420 的钾净增量表现为花期>角果期，分别占钾总积累量的 39.9%、24.9%；湘油 1035 的钾净增量表现为花期>苗期，分别占钾总积累量的 32.8%、30.5%。湘油 642 的钾净增量表现为花期>蕾薹期，分别占钾总积累量的 52.3%、25.6%；湘杂油 710 \times 1035 的钾净增量表现为花期>苗期，分别占钾总积累量的 36.2%、33.5%。

两个早熟冬油菜品种在苗期的钾净增量显著低于常规熟期冬油菜品种，角果期的钾净增量显著高于常规熟期冬油菜品种，随着生育期的推进，早

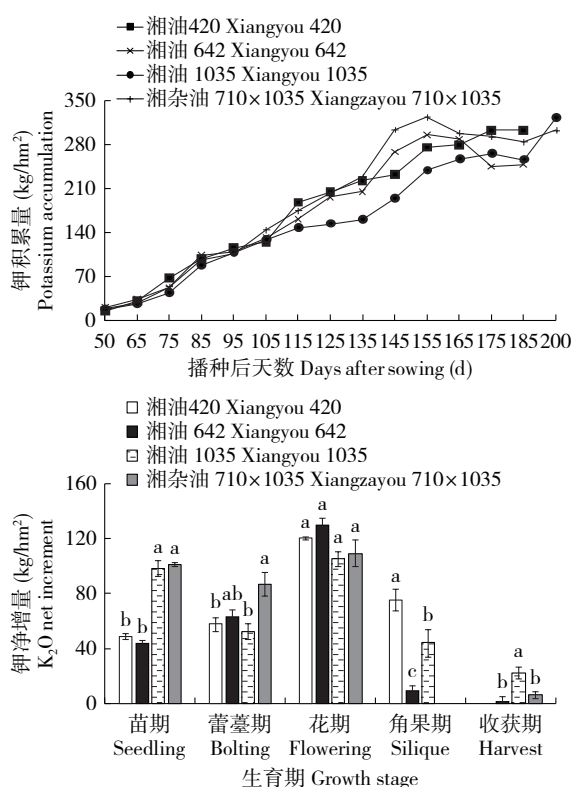


图 4 早熟与常规熟期冬油菜品种钾积累动态及净增量差异
Fig.4 Potassium accumulation dynamics and net increment variance between winter rape cultivars at early maturity and conventional maturity

熟冬油菜品种对钾素养分的积累量增大,生育后期对钾素的累积强度大于常规熟期冬油菜品种。早熟冬油菜品种的钾素积累集中在花期,常规熟期冬油菜品种的钾素积累集中在花期、苗期。

3 讨论

3.1 不同熟期冬油菜品种干物质积累规律及产量差异

研究^[15]表明,在一定范围内,油菜的产量随着干物质积累量的增加而提高,也可以说干物质是油菜产量形成的基础,干物质的积累对产量的增加至关重要。同时干物质的积累规律在一定程度上也反映了植株对养分吸收的规律。

一般而言,各生育期干物质积累量表现为花期>苗期>蕾薹期>角果期^[8,16]。而在本试验中,早熟冬油菜品种在花期-角果期的干物质积累比例最大(80%),与高建芹等^[17]研究得出的规律一致。常规熟期冬油菜品种在花期的干物质积累比例最大(38%),角果期次之,为22%~27%。比较本试验与刘晓伟^[16]研究结果,不同熟期冬油菜的干

物质积累峰值出现的生育期略有不同,产生这种差异的原因可能是不同熟期冬油菜在各个生育期对养分吸收运转的能力不同,在不同的生长阶段对养分的需求不一样,而油菜植株对养分的需求差异直接影响油菜的生长发育和干物质积累量。相较常规熟期冬油菜品种的干物质积累高峰,本试验中早熟冬油菜品种的干物质积累高峰期后移,且湘油 420 的干物质积累高峰期比另外 3 个品种后移更加明显,该现象可能与早熟冬油菜品种主要在生育后期生长的特性有关。

以往研究表明,早熟冬油菜品种因为其营养生长期显著缩短,早期生长旺盛,而后期易出现早衰现象,导致产量降低^[18],而且显著低于常规熟期冬油菜品种^[19-20]。本试验中,早熟冬油菜品种与常规熟期冬油菜品种的干物质积累量无显著差异,产量也无显著差异,可见湘油 420 是产量比较高的早熟品种,适宜在稻-稻-油三熟区推广种植。

3.2 不同熟期冬油菜品种对养分吸收规律的差异

油菜是需肥量较大的作物,特别是氮磷钾养分的吸收能够直接影响油菜干物质的积累,从而影响籽粒产量,籽粒产量很大程度上取决于氮素的管理^[21]。对常规熟期冬油菜研究^[8,16,22-23]结果表明,氮吸收关键时期是苗期。本试验中,常规熟期冬油菜品种在苗期对氮的吸收比例最大,为50%~70%,与鲁剑巍等^[22]研究结果一致。而早熟冬油菜品种在花期的氮吸收比例最大,为47%左右,其次是苗期,为20%~25%。早熟冬油菜品种苗期的氮积累量低于常规熟期冬油菜品种,而在花期显著高于常规熟期冬油菜品种。由此可知,早熟冬油菜品种对氮的吸收高峰期后移。

对常规熟期冬油菜品种研究^[8,24]结果表明,磷吸收关键时期是花期,磷在苗期的积累量较小,在花期后持续增加,花期是磷吸收量最大的时期。本试验中,常规熟期冬油菜品种在花期对磷的吸收比例最大,为45%~50%;早熟冬油菜品种在花期-角果期对磷的吸收比例最大,为70%~80%。造成这种差异的原因可能是早熟冬油菜品种苗期短,植株个体小,氮、磷吸收量低,从而使吸收高峰期后移。但是,由于油菜的磷吸收高峰期往往出现在氮吸收高峰期之后,早熟冬油菜品种的磷吸收高峰推迟到花期-角果期。相较于常规熟期冬油菜品种,早熟冬油菜品种对磷的吸收高峰期后移。可见,早熟冬油菜品种生育后期要注意施用氮磷追肥或缓

控释肥。

本试验中,早熟冬油菜品种与常规熟期冬油菜品种对钾的最大累积时期为花期,早熟冬油菜品种在花期的吸收比例为40%~50%,而常规熟期冬油菜品种在花期的吸收比例为35%左右,但在苗期,常规熟期冬油菜品种的钾积累量亦高,为钾总积累量的30%~34%。因此,相较于常规熟期冬油菜品种的钾积累量集中在花期、苗期,早熟冬油菜品种对钾的吸收高峰期后移,可见,早熟冬油菜品种需要适量追施钾肥。钾的吸收多集中在花期之前,在花期达到钾净增量的最大值,收获期时钾主要分布在茎秆中,籽粒钾积累量低,这与孙家刚等^[25]研究结论一致。早熟冬油菜品种在收获期的钾积累量低于常规熟期冬油菜品种,而钾收获指数显著高于常规熟期冬油菜品种。由此可知,早熟冬油菜品种对钾的吸收转运能力强,能提高籽粒中钾的积累,而籽粒中钾积累量的提高,其品质也能相应提高。

3.3 干物质积累与养分积累的联系

养分积累量是养分含量与植株干物质积累量的乘积,因此,植株干物质积累量与养分积累量密切相关,尽管随着植株干物质积累量的增加,养分含量因稀释效应呈下降趋势,但还是表现为植株个体越大养分总积累量越高。干物质积累是籽粒产量形成的物质基础,已有研究^[8,26-27]表明,籽粒产量与油菜花期至成熟期的干物质积累量成正比,可知生物量、产量、养分积累量之间存在密切关系。同时,养分缺乏也会制约群体及个体干物质的生产和养分吸收,进而影响籽粒产量的形成^[28]。本试验中,两种熟期冬油菜品种的养分吸收高峰期与干物质积累高峰期出现的时期一致,且产量与收获期干物质积累量成正比,也为植株干物质积累量与养分积累量密切相关的结论提供了佐证。以上结果说明,配合油菜养分需求特性施肥是提高种群干物质积累量、养分积累量,从而达到增产增效目的的重要途径。

3.4 缓控释肥对早熟冬油菜品种的适用性

通过比较两种熟期冬油菜品种对养分的需求规律,可知花期和角果期是早熟冬油菜品种养分积累的关键时期,而常规熟期冬油菜品种在花期和苗期有较大的养分积累量。缓控释肥养分释放前期速率慢,后期速率快,释放周期长,而早熟品种在生育前期需肥量小,在生育后期需肥量大,缓控释肥的养分释放特征契合早熟冬油菜品种对养分的需

求特性。有研究^[29]表明,在长江中下游地区稻-油轮作体系中一次性基施缓控释肥可显著提高油菜产量,缓控释肥的施用还可减缓冬季因降雨造成的养分流失,提高养分利用率。可见,在早熟冬油菜品种的种植中施用缓控释肥,可充分发挥其品种特性的优点及在南方三熟区种植的优势。

4 结论

相较于常规熟期冬油菜品种,早熟冬油菜品种对干物质、氮磷钾的吸收积累集中在花期-角果期,存在吸收高峰期后移现象。早熟冬油菜品种生育期短的特性能较好地解决南方三熟制的茬口矛盾。且与常规熟期冬油菜品种开花时间相比,早熟冬油菜品种的花期更早,两种熟期冬油菜的花期衔接,延长了油菜花可观赏期。早熟冬油菜品种符合南方三熟区冬油菜种植需求,值得推广。

参考文献

- [1]陈浩,官春云,刘忠松,等.早熟油菜湘油420的选育.作物研究,2016,30(3):271-273.
- [2]王汉中.以新需求为导向的油菜产业发展战略.中国油料作物学报,2018,40(5):613-617.
- [3]张尧锋,余华胜,曾孝元,等.早熟甘蓝型油菜研究进展及其应用.植物遗传资源学报,2019,20(2):258-266.
- [4]Ren T, Bu R Y, Liao S P, et al. Differences in soil nitrogen transformation and the related seed yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under paddy-upland and continuous upland rotations. Soil and Tillage Research, 2019, 192: 206-214.
- [5]卜容燕,任涛,廖世鹏,等.不同轮作和氮肥分配季节下土壤氮素供应和油菜氮素吸收差异.植物营养与肥料学报,2019,25(3):412-420.
- [6]龙莉,杨旭初,熊斌,等.冬作物秸秆还田对双季稻产量和土壤肥力的影响.作物研究,2019(2):104-109.
- [7]余垚颖,莫太相,刘金丹,等.四川油菜NPK吸收利用规律及肥料利用率研究.中国农学通报,2018,34(10):35-42.
- [8]曹金华,王建平,朱家成,等.双低杂交油菜‘丰油10号’干物质积累及养分吸收规律.中国农学通报,2017,33(34):32-39.
- [9]刘晓伟,鲁剑巍,李小坤,等.直播冬油菜干物质积累及氮磷钾养分的吸收利用.中国农业科学,2011,44(23):4823-4832.
- [10]邹娟,鲁剑巍,刘锐林,等.4个双低甘蓝型油菜品种干物质积累及养分吸收动态.华中农业大学学报,2008(2):229-234.
- [11]刘宝林,邹小云,宋来强,等.早熟油菜不同生育时期对肥料氮的吸收和分配.江西农业大学学报,2018,40(2):323-329.
- [12]田昌,谭太龙,杨勇,等.包膜肥对早熟油菜产量及养分利用的影响.湖南农业大学学报(自然科学版),2014,40(1):78-82.
- [13]刘宝林,邹小云,宋来强,等.氮肥用量对迟直播早熟油菜产量及氮素利用效率的影响.中国油料作物学报,2015,37(6):852-861.
- [14]孙娟娟.氮素对油菜物质积累及生理代谢影响的研究.武汉:华中农业大学,2006.
- [15]鲍士旦.土壤农化分析(第三版).北京:中国农业出版社,2000.
- [16]刘晓伟.冬油菜养分吸收规律及不同养分效率品种特征比较研究.武汉:华中农业大学,2011.

- [17]高建芹,浦惠明. 杂交油菜宁杂1号干物质积累与氮磷钾吸收规律. 江苏农业科学, 2001(5):29-31, 34.
- [18]王必庆,王国槐. 油菜早熟性研究进展. 作物研究, 2009, 23(5): 336-338.
- [19]祝平洋,江煜,潘涛,等. 早熟油菜新品种在衡阳县田间试验表现. 作物研究, 2018, 32(3): 191-193.
- [20]黄益国,张学昆,张毅,等. 早熟与中熟油菜品种的性状差异比较. 作物研究, 2016, 30(4): 393-396.
- [21]Szczepaniak W. A mineral profile of winter oilseed rape in critical stages of growth-nitrogen. Journal of Elementology, 2014, 19(3): 759-777.
- [22]鲁剑巍,任涛,丛日环,等. 我国油菜施肥现状及施肥技术研究展望. 中国油料作物学报, 2018, 40(5): 712-720.
- [23]朱洪勋,李贵宝,张翔,等. 高产油菜营养吸收规律及施用氮磷钾对产量和品质的影响. 土壤肥料, 1995(5): 34-37.
- [24]杨勇,刘强,宋海星,等. 氮磷钾配比对油菜养分吸收、碳氮代谢产物和籽粒产量的影响. 浙江农业学报, 2012, 24(1): 99-104.
- [25]孙家刚,左青松,石剑飞,等. 油菜籽粒中钾素积累过程的初步研究. 中国油料作物学报, 2007(4): 448-451.
- [26]王强,魏慧. 不同播期下油菜叶面积指数及干物质积累与产量的关系. 作物研究, 2016, 30(1): 4-7.
- [27]Malhi S S, Johnston A M, Schoenau J J, et al. Seasonal biomass accumulation and nutrient uptake of canola, mustard, and flax on a black chernozem soil in saskatchewan. Journal of Plant Nutrition, 2007, 30(4): 641-658.
- [28]Wang Y, Liu T, Li X K, et al. Nutrient deficiency limits population development, yield formation, and nutrient uptake of direct sown winter oilseed rape. Journal of Integrative Agriculture, 2015, 14(4): 670-680.
- [29]丁武汉,谢海宽,徐驰,等. 一次性施肥技术对水稻-油菜轮作系统氮素淋失特征及经济效益的影响. 应用生态学报, 2019, 30(4): 1097-1109.

Study on the Difference of Nutrient Absorption between Winter Rape Cultivars at Early Maturity and Conventional Maturity

Hu Yuqian, Zi Tao, Xiong Tinghao, Zhang Zhenhua, Song Haixing

(School of Resources and Environment, Hunan Agricultural University/National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer Resources/Hunan Provincial Key Laboratory of Farmland Pollution Control and Agricultural Resource Utilization/Key Laboratory of Plant Nutrition in Hunan Province, Changsha 410128, Hunan, China)

Abstract Difference of dry matter accumulation and nutrient absorption between early maturing cultivars (Xiangyou 420 and Xiangyou 642) and conventional mature cultivars (Xiangyou 1035, hybrid rape Xiangzayou 710×1035) of rape in the triple cropping area of South China, and to provide a basis for fertilization under rice-rice-rape seed cropping system was explored in this study. A field experiment was conducted in Hunan Hengyang in winter 2017 to spring 2018 years. There was no significant difference in yield and yield harvest index between early maturing winter rapeseed cultivars and conventional mature winter rapeseed cultivars. For the early maturing winter rapeseed cultivars, the accumulation proportion of dry matter and phosphorus element was the largest in anthesis to silique stage, about 79.9%-80.0%, 69.3%-79.5% respectively, and the accumulation of nitrogen, potassium was the largest in anthesis, about 46.8%-47.7%, 39.9%-52.3% respectively. For the conventional mature winter rapeseed cultivars, the accumulation proportion of dry matter, phosphorus and potassium was the largest in the anthesis, about 37.1%-38.6%, 44.1%-49.3%, 32.8%-36.2% respectively, the maximum accumulation rate of nitrogen in seedling stage was about 48.6%-73.9%. Compared with the conventional mature winter rapeseed cultivars, the peak absorption of dry matter and nutrients by early maturing winter rapeseed cultivars was delayed, and the accumulation of dry matter and P, K nutrients was mostly concentrated in anthesis to silique stage. The nutrient accumulation of winter rape increased with the increase of dry matter accumulation. The growth period of early maturing winter rapeseed cultivars was 185d shorter than that of conventional mature winter rapeseed cultivars which lasted 200d, which could alleviate the contradiction of stubble during rice-rape rotation. The accumulation of nutrients of N and P in harvest period was significantly higher than that of conventional mature winter rapeseed cultivars, and the nutrient accumulation characteristics of N, P, K was suitable for slow and controlled release fertilizers. Because of the short growth period and high nutrient accumulation, there are seasonal advantages and nutrient accumulation advantages in planting early maturing winter rapeseed cultivars in the triple cropping area of the South China.

Key words Early-maturity winter rape; Dry matter; Nutrient element; Absorption regularity