

10个玉米品种在陇东旱塬区的适应性评价

赵智慧¹, 郑琪¹, 贺春贵², 柳金良¹

(1. 平凉市农业科学院, 甘肃 平凉 744000; 2. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 在陇东旱塬区自然条件下, 引进10个玉米品种露地种植, 并对其主要农艺性状和产量进行了试验观察。结果表明: 瑞普909和联创825产量分别为13 508.33、13 383.33 kg/hm², 比对照品种先玉335增产12.18%、11.14%, 综合性状优良, 抗旱性较强, 产量较高, 适宜在陇东旱塬区免地膜露地种植; 强盛12号和MC703产量分别为12 900.00、12 891.67 kg/hm², 比对照增产7.13%、7.06%, 差异显著($P<0.05$), 可作为搭配品种在陇东旱塬区露地种植。

关键词: 陇东旱塬区; 玉米; 品种; 露地种植; 农艺性状; 产量

中图分类号: S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)05-0077-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.05.018

Adaptability Evaluation of Ten Corn Cultivars Planted in Longdong Dryland Area

ZHAO Zhihui¹, ZHENG Qi¹, HE Chongui², LIU Jinliang¹

(1. Pingliang Academy of Agricultural Sciences, Pingliang Gansu 744000, China; 2. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Ten corn cultivars were introduced in the open field under the natural conditions in the dryland area of Eastern Gansu Province, and the main agronomic characters and yield were observed. The results showed that the yield of Ruipu 909 and Lianchuang 825 were 13 508.33 kg/hm² and 13 383.33 kg/hm², respectively, which were 12.18% and 11.14% higher than those of the control. The two cultivars had good comprehensive characters, strong drought resistance and high yield, and were suitable to be growing in the open field without plastic film in the Longdong dryland area. The yield of Qiangsheng 12 and MC703 were 12 900.00 kg/hm² and

收稿日期: 2021-03-08

基金项目: 农业科技创新基金“甘肃省地膜残留污染综合防控技术研究”(2020GSNKYTFS01)。

作者简介: 赵智慧(1980—), 男, 甘肃平凉人, 农艺师, 主要从事作物栽培技术研究工作。联系电话: (0)18993356282。Email: plnkyzzh@163.com。

通信作者: 郑琪(1983—), 男, 甘肃镇原人, 副研究员, 硕士, 主要从事作物育种栽培技术研究工作。Email: plnkszq@163.com。

2008, 32(6): 67-72.

[3] 王鹏, 李芳弟, 颜炜清, 等. 甘肃早熟马铃薯种质资源引进鉴定试验[J]. 种子, 2020, 39(9): 58-65.

[4] 卢肖平. 马铃薯主粮化战略的意义、瓶颈与政策建议[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2015(3): 1-7.

[5] 陈云, 岳新丽, 王娟, 等. 十四个马铃薯新品系在晋北地区的产量表现[J]. 中国马铃薯, 2019(5): 267-272.

[6] 李高峰, 文国宏, 李建武, 等. 马铃薯主食

化品种筛选研究[J]. 甘肃农业科技, 2018(4): 10-14.

[7] 宋昌海, 张利民, 田文峰, 等. 内蒙古赤峰市马铃薯新品种引进及适应性分析[J]. 北方农业学报, 2019, 47(6): 22-27.

[8] 刘喜霞. 临洮县中早熟马铃薯引种观察初报[J]. 甘肃农业科技, 2015(2): 18-20.

[9] 刘世海, 丁述森, 张海林, 等. 8个菜用型马铃薯品种在榆中县的引种试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2020(10): 59-63.

(本文责编: 郑立龙)

12 891.67 kg/hm², respectively, which were 7.13% and 7.06% higher than those of the control, and the difference was significant ($P < 0.05$), which could be used as a combination cultivars in the open field of the dryland area of Eastern Gansu.

Key words: Longdong dryland area; Corn; Cultivars; Open field cultivation; Agronomic traits; Yield

玉米(*Zea mays*)是甘肃省主要的粮食、饲料和经济作物,陇东地区是甘肃省玉米的重要产区,常年种植面积 20 万 hm² 左右,占全省种植面积的 20% 以上^[1-2]。陇东地区属黄土高原沟壑区,是我国西北黄土高原典型的雨养旱作农业区^[3],自然降水量少,有效利用率低,年降水量的 70% 集中在 6—9 月^[4],严重制约了玉米对自然降水的有效利用和产量的提高。20 世纪 90 年代,随着覆膜技术在甘肃省的引进、试验、改进和大面积推广,使玉米产量大幅度提高,种植面积逐年上升^[5]。据粗略估计,2019—2020 年,甘肃省推广全膜双垄沟播技术面积约 100 万 hm²,其中玉米约 70 万 hm²,占到了总面积的 70%。全膜双垄沟播技术在甘肃省大面积推广应用已将近 20 a,虽然对粮食增产有突出作用和贡献,但同时也带来了难以逆转的农田残膜污染问题^[6-7]。农田残膜已经成为影响甘肃省农业环境、破坏土壤结构、危害作物正常生长发育并造成农作物减产的重要因素之一^[8-9]。为了减少滥用地膜造成的白色污染,我们引进了 10 个玉米品种,并对其在旱塬地区的适应性进行试验研究,旨在筛选出适宜于陇东旱塬区露地种植且相对高产稳产的玉米优良品种,以降低旱塬区玉米生产成本,实现绿色环保、提质增效的目的。

1 材料与试验方法

1.1 试验区及其气象因素

该试验于 2019 年在平凉市泾川县高平镇三十里铺上湾村平凉市农业科学院高平试验站进行。地处北纬 35° 17', 东经 107° 30', 海拔 1 320 m。年均降水量 583.5 mm, 年均气温 9.3 °C, 年均蒸发量 1 384 mm, 无霜期 172 d。≥10 °C 的活动积温 2 800 °C,

持续 150 d。日照时数 2 201.4 h。

1.2 试验材料

参试玉米品种有迪卡 519、联创 825、陇单 606、MC703、强盛 12 号、瑞普 909、陕单 650、新玉 108、杂圣禾 2468、新引 KWS9384,均由平凉市农业科学院提供,以当地种植面积较大的玉米品种先玉 335(平凉市农业科学提供)为对照。

1.3 试验设计

试验地土壤属黑垆土,土层深厚,肥力中上,前茬作物为高粱。播前结合深耕施入农家肥 30 t/hm²、尿素(含 N ≥ 46.4%)300 kg/hm²、磷酸二铵(含 N 18%、P₂O₅ 46%)750 kg/hm²,大喇叭口期追施尿素(含 N ≥ 46.4%)150 kg/hm²。试验采用随机区组设计,3 次重复,小区面积 18 m²(5.0 m × 3.6 m),行距 60 cm,株距 28 cm。试验于 4 月 25 日播种,5 月 28 日定苗,6 月 25 日追肥,10 月 8 日收获,其他管理措施与大田相同。

1.4 调查项目及方法

1.4.1 物候期观察 田间系统观察记载玉米播种期、出苗期、拔节期、抽雄期、吐丝期、灌浆期和成熟期等。

1.4.2 主要农艺性状及产量测定 依据《全国普通玉米品种区域试验调查项目和标准》观察测定玉米物候期、主要农艺性状和产量。收获前,每小区随机取样 10 株测量茎粗、穗位高和株高。成熟后,每小区收获中间 4 行,按收获面积 12 m² 记产。收获的果穗自然风干后,随机选取 10 穗进行考种,测定果穗长、秃顶率、穗行数、穗粒数,单独脱粒、晒干并称重,测定穗粒重、百粒重等。

1.5 数据处理

利用 Excel 2007 软件统计试验数据,用 DPSv7.05 数据处理软件和 Duncan 氏新复极

差法分析处理各项指标的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 物候期与生育期

生育期与玉米产量和适应区域有密切关系^[10]。从参试玉米品种物候期及生育期的观察比较(表1)可以看出,参试玉米品种4月25日同时播种,均于5月11至14日出苗,其中联创825出苗较早,瑞普909出苗较晚,其余品种与对照品种出苗期相近。参试品种于6月13至16日拔节,拔节较早的联创825(6月13日)与较晚的强盛12号(6月16日)相差3d,其余品种拔节期与对照品种相近。新引KWS9384与陇单606的抽雄吐丝期较早,分别为7月18日和20日,吐丝期分别为7月20日和22日;新玉108和先玉335抽雄吐丝期比较晚,分别为7月26至27日和7月28至29日,其余品种均在7月24至26日完成抽雄吐丝。先玉335灌浆较早,8月13日开始灌浆;瑞普909灌浆较晚,8月16日灌浆;其余品种在8月14日至15日开始灌浆。联创825、瑞普909、陕单650、新玉108和杂圣禾2468等5个品种的生育期均在140d以上,比对照品种晚9~10d;迪卡519、陇单606和新引KWS9384等3个品种的生育期均为136d,比对照晚5d;强盛12号和MC703的生育期分别为137d和139d,分别比对照晚6d和8d;对照品种先玉335的生育期较短,

为131d,说明该品种灌浆速度和成熟后期脱水速度均较快。

2.2 主要农艺性状

由表2可知,参试玉米品种的大部分农艺性状间存在显著差异或极显著差异。茎粗与玉米抗倒伏性密切正相关^[11]。参试品种的茎粗19.59~25.46mm,其中新玉108茎秆最粗(25.46mm),比对照品种先玉335(23.62mm)粗1.84mm,差异极显著($P<0.01$);强盛12号茎粗23.27mm,仅次于对照;迪卡519茎秆最细(19.59mm),比对照细4.03mm,差异极显著($P<0.01$);其余7个品种的茎粗为19.96~22.85mm。

参试品种中,对照先玉335株高最高,为272cm;新玉108株高次之,为259cm,比对照低13cm。两者差异显著($P<0.05$)。陕单650株高较低(229cm),比对照低43cm,差异极显著($P<0.01$);品种迪卡519株高最低(226cm),比对照低46cm,差异极显著($P<0.01$);其余品种株高为233~251cm。

穗位高平均为90cm,其中联创825最高,为105cm,比对照品种先玉335高7cm,差异不显著;陇单606次之,为98cm,与对照品种先玉335相等;陕单650穗位高最低,为78cm,比对照低20cm,差异极显著($P<0.01$);其余品种穗位高80~93cm。

果穗长度超过20cm的品种有MC703(20.4cm)、瑞普909(20.0cm),分别比对

表1 参试玉米品种的物候期及生育期

品种	播种期 /(日/月)	出苗期 /(日/月)	拔节期 /(日/月)	抽雄期 /(日/月)	吐丝期 /(日/月)	灌浆期 /(日/月)	成熟期 /(日/月)	生育期 /d
迪卡519	25/4	12/5	14/6	23/7	23/7	14/8	25/9	136
联创825	25/4	11/5	13/6	25/7	27/7	14/8	28/9	140
陇单606	25/4	12/5	14/6	20/7	22/7	15/8	25/9	136
MC703	25/4	12/5	14/6	25/7	27/7	15/8	28/9	139
强盛12号	25/4	13/5	16/6	25/7	26/7	14/8	27/9	137
瑞普909	25/4	14/5	15/6	24/7	25/7	16/8	2/10	141
陕单650	25/4	13/5	14/6	26/7	27/7	15/8	28/9	141
新玉108	25/4	13/5	15/6	27/7	28/7	15/8	28/9	141
杂圣禾2468	25/4	12/5	14/6	24/7	25/7	14/8	29/9	140
新引KWS9384	25/4	12/5	15/6	18/7	20/7	14/8	25/9	136
先玉335(CK)	25/4	12/5	14/6	28/7	29/7	13/8	20/9	131

表 2 参试玉米品种的主要农艺性状^①

品种	茎粗 /mm	株高 /cm	穗位高 /cm	果穗长 /cm	秃顶率 /%	穗行数 /行	穗粒数 /粒	穗粒重 /g	百粒重 /g
迪卡519	19.59fF	226fF	92abcABCD	17.9deC	2.2bcABC	17.8abAB	685.1bcAB	183.0eE	27.0gG
联创825	20.62defDEF	246cdeBCDE	105aA	18.8bcdeABC	4.4aA	15.4dBC	646.6bcB	183.7eDE	35.0bB
陇单606	19.96efEF	251bcBC	98abABC	19.6abcABC	0.9cBC	15.2dC	635.8bcB	202.8cC	37.7aA
MC703	22.25bcdBCDE	248bcdBCD	88bcdABCD	20.4aA	3.1abAB	16.3bcdBC	691.0abcAB	165.4gG	31.0deDEF
强盛12号	23.27bcABC	233fDEF	80cdCD	18.2cdeBC	0.6cC	18.9aA	783.2aA	214.5aA	29.9efEF
瑞普909	21.43cdefBCDEF	235efCDEF	86bcdBCD	20.0abAB	2.3bcABC	17.6abcABC	716.1abAB	203.7cBC	29.0fFG
陕单650	21.69cdeBCDEF	229fEF	78dD	17.9deC	1.6bcBC	17.3abcABC	713.8abAB	169.0fFG	27.2gG
新玉108	25.46aA	259bAB	93abcABCD	19.4abcABC	2.9abABC	15.9cdBC	661.3bcAB	171.6fF	32.5cdCD
杂圣禾2468	22.85bcBCD	236defCDEF	87bcdABCD	19.3abcdABC	0.6cC	16.6bcdABC	676.0bcAB	164.5gG	33.6bcBC
新引KWS9384	20.87defCDEF	236efCDEF	85bcdBCD	19.0bcdeABC	0.5cC	15.5dBC	614.3cB	188.0dD	31.7dCDE
先玉 335(CK)	23.62bAB	272aA	98abAB	17.7eC	0.5cC	16.6bcdABC	666.2bcAB	208.2bB	33.4bcBC

①表中数据为平均值，数据为同列单因素 Duncan 氏新复极差法分析比较。表中标注的不同大写字母表示同一指标不同品种间差异极显著 ($P<0.01$)，不同小写字母表示同一指标不同品种间差异显著 ($P<0.05$)。下同。

照品种长 2.7、2.3 cm，差异极显著 ($P<0.01$)；迪卡 519 和陕单 650 穗长较短，均为 17.9 cm，与对照相近，差异不显著；其余 7 个品种穗长为 18.2~18.6 cm。

秃顶率以中联创 825 最高，为 4.4%，比对照品种高 3.9 个百分点，差异极显著 ($P<0.01$)；MC703 次之，为 3.1%，比对照品种高 2.6 个百分点，差异极显著 ($P<0.01$)；新玉 108 秃顶率为 2.9%，比对照品种高 2.4 个百分点，差异极显著 ($P<0.01$)；迪卡 519 和瑞普 909 秃顶率分别为 2.2%、2.3%，与对照品种差异不显著；强盛 12 号、杂圣禾 2468 和新引 KWS9384 秃顶率较低，分别为 0.6%、0.6%、0.5%，与对照相近，差异不显著；秃顶率在 1% 以下的品种有 5 个，分别是陇单 606、强盛 12 号、杂圣禾 2468、新引 KWS9384、先玉 335(CK)。

穗行数在 17 行以上品种有 4 个品种，由高到低依次为强盛 12 号、迪卡 519、瑞普 909 和陕单 650。其中强盛 12 号穗行数最高，为 18.9 行，与对照差异显著 ($P<0.05$)，其余 3 个品种穗行数分别为 17.8 行、17.6 行和 17.3 行；穗行数为 16 行的品种有 MC703、杂圣禾 2468 和先玉 335(CK)，分别为 16.3

行、16.8 行、16.6 行；其余品种穗行数均在 15 行左右，陇单 606 穗行数最低，为 15.2 行，比对照低 1.4 行。

穗粒数以强盛 12 号最高，为 783.2 粒，比对照品种先玉 335 高 117.0 粒，差异显著 ($P<0.05$)；瑞普 909 和陕单 650 穗粒数差异不显著，分别为 716.1 粒、713.8 粒，分别比对照高 49.9 粒、47.6 粒；品种新引 KWS9384 穗粒数最低，为 614.3 粒，比对照低 51.9 粒。

穗粒重在 200 g 以上的品种有 4 个，其中强盛 12 号穗粒重最高，为 214.5 g，比对照先玉 335 高 6.3 g，差异极显著 ($P<0.01$)；先玉 335(CK) 穗粒重次之，为 208.2 g；瑞普 909 (203.7 g) 和陇单 606 (202.8 g) 穗粒重差异不显著，但与对照差异显著 ($P<0.05$)；新引 KWS9384、迪卡 519、联创 825 穗粒重分别为 188.0、183.7、183.0 g，与对照差异极显著；陕单 650 和 MC703 穗粒重较低，分别为 169.0、165.4 g，比对照低 39.2、42.8 g，差异极显著 ($P<0.01$)；杂圣禾 2468 穗粒重最低，为 164.5 g，比对照低 43.7 g，差异极显著 ($P<0.01$)。

百粒重以陇单 606 最高，为 37.7 g，比

对照先玉 335 高 4.3 g, 差异极显著; 联创 825 百粒重次之, 为 35.0 g, 比对照高 1.6 g; 杂圣禾 2468 百粒重为 33.6 g, 与对照差异不显著; 新玉 108、新引 KWS9384 和 MC703 百粒重分别为 32.5、31.7、31.0 g; 强盛 12 号和瑞普 909 百粒重较低, 分别为 29.9、29.0 g, 与对照差异极显著($P<0.01$); 陕单 650 和迪卡 519 百粒重最低, 分别为 27.2、27.0 g, 两者差异不显著, 但与对照差异极显著($P<0.01$)。

2.3 产量

由表 3 可以看出, 参试品种的产量差异较大。比对照增产的品种有 5 个, 产量由高到低依次为瑞普 909、联创 825、强盛 12 号、MC703、杂圣禾 2468, 分别为 13 508.33、13 383.33、12 900.00、12 891.67、12 225.00 kg/hm², 分别比对照增产 12.18%、11.14%、7.13%、7.06%、1.52%, 位居前 4 的品种产量与对照差异均达到极显著水平($P<0.01$); 比对照减产的品种有 5 个, 其中陇单 606 和新玉 108 减产在 4% 以内, 分别比对照减产 2.08%、3.67%, 新玉 108 较对照差异显著($P<0.05$); 迪卡 519 和陕单 650 比对照减产均超过 5%, 分别为 5.82%、8.30%, 与对照差异极显著($P<0.01$), 新引 KWS9384 减产幅度最大, 较对照减产 15.22%, 差异极显著($P<0.01$)。

3 结论与讨论

水、热、光等气候条件合理搭配是影响玉米生长发育和产量的主要因素^[12]。试验区 2019 年玉米生育期平均气温比历年低 0.4 ℃, 5 月份苗期气温比历年减少 1.7 ℃, 导致出苗较慢; 平均降水量比历年增加 4.2 mm, 尤其是 7 月份干旱少雨, 降水量比历年少 199.8 mm, 对玉米抽雄吐丝有一定影响; 平均日照时数比历年少 22.1 h, 6 月份和 10 月份日照时数分别比历年减少 64 h 和 79 h, 导致玉米成熟期和生育期有所推迟。

玉米的穗位高、百粒重、茎粗、株高与籽粒产量成正相关, 穗长、行粒数、穗行数与籽粒产量成极显著正相关, 只有各个农艺性状协调发展, 才能更大限度地发挥杂交玉米的生产潜力^[13]。本试验中的强盛 12 号, 其穗行数、穗粒数及穗粒重等指标都是参试品种中最高的, 但其成熟期灌浆速度、果穗长和百粒重都偏低, 导致其产量低于瑞普 909 和联创 825, 位居第 3; 而瑞普 909 和联创 825 各个农艺性状有机协调, 综合表现良好, 产量较高。

作物产量的高低与作物本身的农艺性状密切相关^[14], 科学合理的选择优良品种是显著提高作物产量的重要途径^[15]。在陇东旱塬区露地条件下, 引进的品种瑞普 909 和联创 825 产量分别为 13 508.33、13 383.33

表 3 参试玉米品种的产量

品种	小区平均产量 /(kg/12 m ²)	折合产量 /(kg/hm ²)	较CK增产 /%	位次
迪卡519	13.61	11 341.17fgEF	-5.82	9
联创825	16.06	13 383.33aA	11.14	2
陇单606	14.15	11 791.67deCDE	-2.08	7
MC703	15.47	12 891.67bB	7.06	4
强盛12号	15.48	12 900.00bB	7.13	3
瑞普909	16.21	13 508.33aA	12.18	1
陕单650	13.25	11 041.67gF	-8.30	10
新玉108	13.92	11 600.00efDE	-3.67	8
杂圣禾2468	14.67	12 225.00cC	1.52	5
新引KWS9384	12.25	10 208.33hG	-15.22	11
先玉335(CK)	14.45	12 041.67cdCD		6

kg/hm², 比对照增产 12.18%、11.14%, 产量极显著高于其他参试品种($P<0.01$), 综合性状优良, 抗旱性较强, 产量较高, 适宜在陇东旱塬区及气候条件和生态特征相近的地区大面积免地膜露地种植, 以达到降低生产成本、保护土壤和生态环境的目的; 强盛 12 号和 MC703 产量分别为 12 900.00、12 891.67 kg/hm², 比对照增产 7.13%、7.06%, 丰水年可作为搭配品种在陇东旱塬区种植。

我国环境承载力已达到或接近上限^[16], 构建和实施新形势下的国家粮食安全战略, 必须要改变不计环境成本追求粮食增产的做法, 走绿色低碳循环的发展模式, 切实保护农业生态环境^[17]。近年来, 地膜降解的塑料微粒对环境的污染已经通过饮用水和生物链危及人类的健康^[18-21]。选择抗旱节水作物新品种, 减少地膜覆盖栽培面积, 进行免地膜种植的旱作节水农业技术研究创新工作任务任重道远。

参考文献:

- [1] 刘红霞. 平凉市玉米常见病虫害及防治方法[J]. 现代农业科技, 2019(10): 89-90.
- [2] 谯显明, 周永升, 刘云成. 陇东玉米产业发展对策研究[J]. 甘肃农业, 2015(23): 16-17.
- [3] 续创业, 张铠鹏, 朱晓惠. 适宜陇东旱塬区双垄沟播的耐密玉米品种筛选试验[J]. 甘肃农业科技, 2019(2): 53-58.
- [4] 李来祥, 杨祁峰, 刘广才, 等. 旱地全膜双垄沟播技术在甘肃省旱作农业中的应用[J]. 现代农业科技, 2009(17): 55-57.
- [5] 李来祥, 刘广才, 杨祁峰, 等. 甘肃省旱地全膜双垄沟播技术研究与应用进展[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 114-118.
- [6] 解红娥, 李永山, 杨淑巧, 等. 农田残膜对土壤环境及作物生长发育的影响研究[J]. 农业环境科学学报, 2007(S1): 153-156.
- [7] 徐玉宏. 我国农膜污染现状和防治对策[J]. 环境科学动态, 2003(2): 9-11.
- [8] 何文清, 严昌荣, 赵彩霞, 等. 我国地膜应用污染现状及其防治途径研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(3): 533-538.
- [9] 刘艳霞. 中国农村地膜残留污染现状及治理对策思考[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [10] 郭 激. 11 个玉米品种在平凉旱塬露地引种初报[J]. 甘肃农业科技, 2016(5): 49-52.
- [11] 丰 光, 景希强, 李妍妍, 等. 玉米茎秆性状与倒伏性的相关和通径分析[J]. 华北农学报, 2010, 25(S1): 72-74.
- [12] 王雪松, 李 丽. 影响玉米生长发育及产量的主要气象条件[J]. 吉林农业, 2015(7): 112.
- [13] 毕世敏, 舒中兵, 申 萍. 遵义部分主推玉米品种产量及其相关性状分析[J]. 种子, 2012, 31(12): 65-67.
- [14] 郭 梁, ANDREAS WILKES, 于海英, 等. 中国主要农作物产量波动影响因素分析[J]. 植物分类与资源学报, 2013, 35(4): 513-521.
- [15] 辜胜前. 谈谈作物优良品种的选择与利用[J]. 农民致富之友, 2015(6): 101-102.
- [16] 汪希成, 吴 昊. 我国粮食供求结构新变化与改革方向[J]. 社会科学研究, 2016(4): 130-135.
- [17] 宋洪远. 实现粮食供求平衡 保障国家粮食安全[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2016, 16(4): 1-11; 155.
- [18] 刘振中, 罗丽平, 胡伟杰, 等. 塑料微粒在淡水中的研究现状及发展趋势[J]. 环境科学与技术, 2019, 42(6): 231-236.
- [19] 李 珊, 叶必雄, 张 岚. 水环境中塑料微粒污染现状及危害[J]. 环境与健康杂志, 2018, 35(12): 1100-1103.
- [20] 刘恩秀, 郭 鹤, 李 云, 等. 塑料微粒在淡水中的分布及其影响研究进展[J]. 环境科学与技术, 2017, 40(S2): 165-170.
- [21] 郑顺安, 倪润祥, 等. 西北地膜高投入地区土壤与玉米邻苯二甲酸酯(PAEs)含量水平与健康风险评估[J]. 环境化学, 2020, 39(7): 1839-1850.

(本文责编: 陈 珩)