

王晓炜, 冉成, 张巳奇, 等. 苏打盐碱稻区不同栽培模式水稻产量构成及物质生产比较 [J]. 华南农业大学学报, 2019, 40(6): 45-50.
WANG Xiaowei, RAN Cheng, ZHANG Siqi, et al. Comparisons of rice yield compositions and material productions under different cultivation modes in soda saline-alkali rice area[J]. Journal of South China Agricultural University, 2019, 40(6): 45-50.

苏打盐碱稻区不同栽培模式水稻产量构成及物质生产比较

王晓炜, 冉成, 张巳奇, 朱晶, 刘丽新, 金峰, 邵玺文
(吉林农业大学农学院, 吉林长春 130118)

摘要:【目的】探究松嫩平原西部苏打盐碱稻区不同栽培模式下水稻产量构成和物质生产差异, 以提高当地水稻产量。【方法】以‘吉粳 88’为试验材料, 设置不施肥(基础)、当地农户栽培(对照)、高产高效栽培和超高产栽培 4 种栽培模式, 比较不同栽培模式下水稻产量形成和物质生产特性。【结果】高产高效和超高产栽培均显著提高了水稻拔节期至成熟期的干物质积累量。高产高效和超高产栽培 2 年的平均产量分别为 10.34 和 12.15 t·hm⁻², 分别比对照提高 8.44% 和 27.45%; 有效穗数分别提高 3.03% 和 34.10%; 每穗粒数分别提高 4.06% 和 9.37%。【结论】栽培技术的集成优化可以促进水稻群体物质生产及转运, 优化穗部结构, 增加有效穗数和穗粒数, 从而大幅度提高松嫩平原西部苏打盐碱稻区的水稻产量。

关键词: 水稻; 栽培模式; 干物质生产转运; 产量构成; 苏打盐碱地

中图分类号: S511

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2019)06-0045-06

Comparations of rice yield compositions and material productions under different cultivation modes in soda saline-alkali rice area

WANG Xiaowei, RAN Cheng, ZHANG Siqi, ZHU Jing, LIU Lixin, JIN Feng, SHAO Xiwen
(Faculty of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: 【Objective】 To explore the differences in rice yield compositions and material productions among different cultivation modes in soda saline-alkali rice area of the western Songnen Plain, and increase local rice yield. 【Method】 Taking ‘Jijing 88’ as the test material, four cultivation modes were setted, including no fertilization (basic), local farmer cultivation (control), high yield and high efficiency cultivation and super high yield cultivation. The yield formations and material production characteristics of rice under four modes were compared and analyzed. 【Result】 High yield and high efficiency cultivation and super high yield cultivation significantly increased dry matter accumulations from jointing stage to maturity stage, with the average yields in two years of 10.34 and 12.15 t·hm⁻² respectively. Compared with the control, the yields increased by 8.44% and 27.45% respectively, the effective panicles increased by 3.03% and 34.10% respectively, and the numbers of spikelets per panicle increased by 4.06% and 9.37% respectively. 【Conclusion】 The integrated and optimized cultivation techniques promote material production and transportation, optimize panicle structure, increase the numbers of effective panicle and spikelets per panicle, and greatly increase rice yield in soda saline-alkaline rice

收稿日期: 2018-12-22 网络首发时间: 2019-10-28 09:20:49

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20191025.0844.028.html>

作者简介: 王晓炜(1994—), 女, 硕士, E-mail: wangxiaowei241@163.com; 通信作者: 金峰(1982—), 男, 副教授, 博士, E-mail: jinfeng911@126.com; 邵玺文(1966—), 男, 教授, 博士, E-mail: shaoxiwen@126.com

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0300104, 2017YFD0300609); 吉林省重点科技攻关专项(20160204011NY)

area of the western Songnen Plain.

Key words: rice; cultivation mode; dry matter production and transportation; yield component; soda saline-alkaline soil

水稻是中国三大粮食作物之一,近 5 年水稻播种面积和总产分别占全国粮食总播种面积和总产的 27% 和 34%^[1]。东北地区是我国粳稻主产区和商品粮基地,粳稻播种面积和产量占全国粳稻的 50% 以上,东北水稻在我国粮食生产安全保障体系和农业生产中占有重要地位^[2]。松嫩平原位于我国东北地区,面积约 $1.87 \times 10^5 \text{ hm}^2$,是我国苏打盐碱地的主要分布区域,合理开发和利用松嫩平原西部苏打盐碱地,提升苏打盐碱稻区水稻总体产量,对保证国家粮食生产安全具有重要意义^[3-4]。

苏打盐碱土壤养分匮乏,并且盐离子与养分间存在竞争作用,这抑制了植物对养分的吸收^[5]。研究表明盐碱胁迫抑制氮在植物体内的积累^[6],合理施氮不仅促进作物生长还可以提高作物耐盐碱性。种植水稻是改良和利用苏打盐碱地的重要途径,合理的栽培技术是提升苏打盐碱地水稻产量的重要手段。盐碱地种植水稻后,土壤中无机氮含量每年可以增加 $9.0 \sim 13.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,有利于改善盐碱土氮素匮乏的状况^[7]。王学君等^[8]发现在农民习惯施肥基础上增施有机肥、氮肥、锌肥可使轻度盐碱地玉米产量提高 28.39%。孙永健等^[9]在黑土稻田发现适当的水肥管理和合理的磷钾肥配施措施可以提高水稻剑叶光合速率,促进养分积累,提高产量。在盐碱地稻田提高移栽密度和合理增施氮肥可以增加水稻有效穗数、穗粒数,提高产量;氮磷钾肥合理配施可使轻度盐碱化稻田水稻产量较不施肥处理提高 95.5%^[10-11]。目前,提升水稻产量的研究多偏重于栽插密度、施肥方式及灌溉方式^[12-15]等单因子效应的研究,针对苏打盐碱稻区栽培技术多因子集成与优化,提升不同产量层次水稻群体物质生产和产量的研究鲜有报道。本试验设置 4 种栽培模式,研究苏打盐碱地稻区不同栽培模式下水稻干物质积累与转运、产量及其构成因素差异,探讨不同栽培模式水稻群体干物质生产特征,为确定苏打盐碱稻区水稻高产栽培策略提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与试验地

供试品种为‘吉粳 88’,生育期 143~145 d。试验于 2017—2018 年进行,4 月 15—17 日播种,

5 月 17—20 日移栽,9 月 27—30 日收获。试验地为吉林省白城市农业科学院水稻试验基地 (E122°53'1.98", N45°30'14.57"),热带大陆性季风气候,年平均气温 5℃,年平均降雨量 394 mm。耕层 (0~20 cm) 土壤理化性质: pH 8.13,电导率 $212.30 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$,有机质 $31.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮 $1.99 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮 $208.27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $75.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $148.17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

1.2 试验设计

试验设 4 种栽培模式。

不施肥 (基础)。肥料施用量为 0。机插秧盘 (规格: $30 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$) 育秧,每盘播种量 100~150 g,栽插密度 $30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$,每穴 4~5 株苗。生育中期排水搁田,其余时期保持 5 cm 水层,至收获前 1 周断水。

当地农户栽培 (对照)。育秧方式、栽插密度及水分管理方式同不施肥处理。氮肥施用量为 $175 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,按基肥:返青分蘖肥为 7:3 施入;磷肥施用量为 $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,作为基肥一次性施入;钾肥施用量为 $50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,按基肥:返青分蘖肥为 7:3 施入。生育中期排水搁田,其余时期保持 5 cm 水层,至收获前一周断水。

高产高效栽培。稀播育壮秧。营养钵育苗,播种量较不施肥处理减少 15%。移栽时秧苗带 2~3 个分蘖,栽插密度同不施肥处理。氮肥施用量为 $175 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,按基肥:返青分蘖肥:调节肥为 6:2:2 施入;磷肥施用量为 $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,作为基肥一次性施入;钾肥施用量为 $50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,按基肥:调节肥为 6:4 施入。插秧后 3~5 天保持 3 cm 水层,分蘖末期适当撤水,出穗期保持 3~5 cm 水层,灌浆期间歇灌溉,提高根部透气性,同时保证灌浆所需水分,以湿为主。

超高产栽培。育秧方法同高产高效栽培处理,栽插密度为 $30 \text{ cm} \times 13 \text{ cm}$,每穴 4~5 株苗。氮肥施用量为 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,按基肥:返青肥:分蘖肥:穗肥:粒肥为 5:2:1:1:1 施入;磷肥施用量为 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,作为基肥一次性施入;钾肥施用量为 $85 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,按基肥:穗肥=6:4 施入;基肥增施“归福记”生物有机肥 $100 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,有效硅 $17 \sim 21 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。施水管理同高产高效栽培处理。

各处理施用氮肥为尿素, $w(N)=46.4\%$, 磷肥为过磷酸钙, $w(P_2O_5)=12\%$, 钾肥为硫酸钾, $w(K_2O)=50\%$ 。试验采取随机区组设计, 每个小区面积为 200 m^2 , 3 次重复。小区间筑埂并用塑料薄膜包埂, 区组间筑灌水沟便于单独排灌。

1.3 产量差的确定

4 个处理种植 2 年的平均产量对应产生 3 级产量差: 当地农户栽培和不施肥处理间的差值, 高产高效栽培和当地农户栽培处理间的差值, 超高产栽培和高产高效栽培处理间的差值。

1.4 取样与测定

1.4.1 产量及产量构成因素 成熟期每小区选择 3 个 5 m^2 作为测产区, 取样脱粒、自然晒干、风选后称干质量, 按 $14\%(w)$ 水分折算实收产量。在取样测产的同时, 每小区选择 3 个取样调查点, 每点 60 穴计算单位面积有效穗数, 按平均穗数取代表性样品 10 穴, 考查穗粒数、结实率、千粒质量等产量构成因素。

1.4.2 干物质积累转运 每小区选择 3 个取样调查点, 每点分别于分蘖盛期(移栽后 20 d)、拔节期、齐穗期和成熟期连续数 20 穴植株的每穴茎蘖数, 根据每点平均茎蘖数选取代表性样品 5 穴(小区边行不取), 分成叶片、茎、鞘和穗(抽穗后)等部分, 于 $105\text{ }^\circ\text{C}$ 杀青 30 min, 再经 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 烘干至恒质量, 测定各处理干物质积累与分配情况。各项干物质积累与转运计算公式^[16]如下:

干物质积累量=某生育期单位面积某器官干物质积累量;

干物质转运量=抽穗期某器官的干物质积累量-成熟期该器官的干物质积累量;

干物质转运率 = 叶片、茎、鞘的干物质转运量 / 抽穗期叶片、茎、鞘的干物质积累量 $\times 100\%$ 。

1.5 数据分析与处理

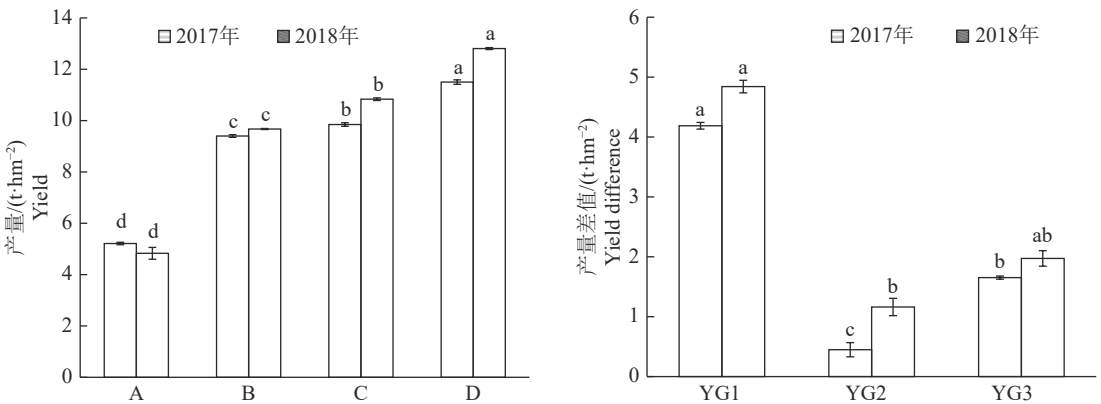
采用 Microsoft Excel 2013 和 DPS 9.01 软件进行数据处理和统计分析, 数据间的多重比较采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 不同栽培模式下水稻产量及构成因素差异分析

2.1.1 产量与产量差 不施肥、当地农户栽培、高产高效栽培和超高产栽培 2 年的平均产量有显著差异。不施肥平均产量为 $5.02\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 当地农户栽培平均产量为 $9.54\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 2 个处理 2 年的平均产量差为 $4.52\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 不施肥平均产量占当地农户栽培的 52.62% ; 高产高效栽培平均产量为 $10.34\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 与当地农户栽培平均产量差为 $0.80\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 提升了 8.44% ; 超高产栽培产量为 $12.15\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 与高产高效栽培的平均产量差为 $1.81\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 提升了 17.53% (图 1)。

2.1.2 产量构成因素差异 由表 1 可知, 高产高效栽培和超高产栽培 2 年的平均产量分别比当地农户栽培增加 8.44% 和 27.48% 。有效穗数和每穗粒数的增加是产量增加的主要原因。高产高效栽培和超高产栽培 2 年有效穗数分别较当地农户栽培增加 3.03% 和 34.10% , 每穗粒数分别较当地农户栽培增加 4.06% 和 9.37% 。当地农户栽培的结实率显著



A: 不施肥, B: 当地农户栽培, C: 高产高效栽培, D: 超高产栽培; YG1: 当地农户栽培和不施肥平均产量的差值, YG2: 高产高效栽培和当地农户栽培处理平均产量的差值, YG3: 超高产栽培和高产高效栽培平均产量的差值; 不同处理不同柱子上的不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$, LSD 法)

A: No fertilization; B: Local farmer cultivation; C: High yield and high efficiency cultivation; D: Super high yield cultivation; YG1: Average yield difference between local farmer cultivation and no fertilization, YG2: Average yield difference between high yield and high efficiency cultivation and local farmer cultivation, YG3: Average yield difference between super high yield cultivation and high yield and high efficiency cultivation; Different lowercase letters on bars of different treatments and years indicated significant differences ($P<0.05$, LSD method)

图 1 不同栽培模式产量及产量差

Fig. 1 Yields and yield differences of rice under different cultivation modes

表 1 不同栽培模式水稻产量及构成因素差异¹⁾

Table 1 Differences in yields and yield components of rice under different cultivation modes

年份 Year	栽培模式 Cultivation mode	有效穗数 No. of effective panicle	每穗粒数 No. of grains per panicle	结实率/% Seed setting rate	千粒质量/g 1 000-grain weight	产量/(t·hm ⁻²) Yield
2017	不施肥 No fertilization	311.62±7.14c	99.56±2.33c	84.83±1.97c	21.75±0.28b	5.21±0.08d
	当地农户 Local farmer	399.66±5.33b	129.39±4.32b	92.49±2.04a	21.86±0.15ab	9.40±0.09c
	高产高效 High yield and high efficiency	413.45±2.92b	133.63±2.21b	88.51±1.91b	22.24±0.27a	9.85±0.12b
	超高产 Super high yield	525.25±9.45a	139.57±1.29a	81.06±0.94d	21.10±0.11c	11.50±0.15a
2018	不施肥 No fertilization	227.78±4.09c	110.23±3.24c	95.97±0.96a	22.53±0.19a	4.83±0.35d
	当地农户 Local farmer	393.92±10.21b	121.40±1.87b	96.68±0.34a	21.18±0.18c	9.67±0.22c
	高产高效 High yield and high efficiency	404.14±9.74b	127.34±2.51ab	90.36±1.15b	21.62±0.04b	10.83±0.16b
	超高产 Super high yield	538.98±5.62a	134.72±3.02a	80.22±3.77c	21.22±0.37c	12.81±0.13a

1)表中数据为平均值±标准差;相同年份同列数据后不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$, LSD法)

1) Data in the table were average ± standard deviation; Different lowercase letters in the same year and column indicated significant differences ($P<0.05$, LSD method)

高于不施肥、高产高效栽培和超高产栽培。超高产栽培的千粒质量显著低于不施肥、当地农户栽培和高产高效栽培。

2.2 不同栽培模式下水稻干物质积累与转运

2.2.1 主要生育阶段干物质积累量及比例 水稻地上部总干质量在 2 年期间均表现为超高产栽培>高产高效栽培>当地农户栽培>不施肥(表 2)。高产高效栽培不同生育阶段干物质积累量的变化趋势与当地农户栽培基本一致,均随生育进程的推进逐步增加,齐穗期至成熟期干物质积累量最高,2 年平均值占干物质总量比例为 36.66%。超高产栽培不

同生育阶段干物质积累量先增高后降低,拔节期至齐穗期干物质积累量最高,2 年平均值占干物质总量比例为 36.47%,明显高于当地农户栽培(34.41%)。

2.2.2 齐穗期至成熟期各器官干物质转运 由表 3 可知,不同栽培模式不同年份水稻茎鞘干物质转运量无显著差异;与当地农户栽培或高产高效栽培相比,超高产栽培水稻齐穗期—成熟期叶片和穗部干物质积累量 2 年期间显著提高了,当地农户栽培和高产高效栽培无显著差异;不同栽培模式不同年份茎鞘干物质转运率和干物质转运对穗的贡献率均无显著差异。

表 2 不同栽培模式水稻主要生育期干物质积累量及比例¹⁾

Table 2 The accumulation and ratio of dry matter in main growth stages of rice under different cultivation modes

年份 Year	栽培模式 Cultivation mode	播种至分蘖期 Sowing to tillering stage	分蘖期至拔节期 Tillering stage to jointing stage	拔节期至齐穗期 Jointing stage to heading stage	齐穗期至成熟期 Heading stage to maturity stage	地上部总干质量 Total dry mass of overground part
2017	不施肥 No fertilization	0.83±0.04d(8.23)	1.88±0.10c(18.63)	3.58±0.09c(35.48)	3.80±0.54c(37.66)	10.09±0.42d
	当地农户 Local farmer	2.06±0.04c(12.05)	3.35±0.20b(19.59)	5.84±0.26b(34.15)	5.85±0.38b(34.21)	17.10±0.46c
	高产高效 High yield and high efficiency	2.43±0.13b(13.42)	3.61±0.23b(19.93)	5.81±0.23b(32.08)	6.26±0.30ab(34.57)	18.11±0.42b
	超高产 Super high yield	3.24±0.23a(13.12)	5.04±0.04a(20.41)	9.04±0.65a(36.61)	7.37±0.51a(29.85)	24.69±0.83a
2018	不施肥 No fertilization	0.82±0.02d(9.66)	1.88±0.06d(22.14)	1.97±0.45c(23.20)	3.82±0.24c(44.99)	8.49±0.40d
	当地农户 Local farmer	1.67±0.05c(10.32)	2.40±0.06c(14.83)	5.61±0.47b(34.67)	6.50±0.36b(40.17)	16.18±0.50c
	高产高效 High yield and high efficiency	2.15±0.03b(12.29)	3.11±0.13b(17.77)	5.46±0.01b(31.20)	6.78±0.17b(38.74)	17.50±0.16b
	超高产 Super high yield	2.42±0.07a(9.66)	5.33±0.35a(21.28)	9.10±0.54a(36.33)	8.20±0.43a(32.73)	25.05±0.45a

1)表中数据为平均值±标准差,括号内为占比;相同年份同列数据后不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$, LSD法)

1) Data in the table were average ± standard deviation and the data in brackets were ratios; Different lowercase letters in the same year and column indicated significant differences ($P<0.05$, LSD method)

表3 不同栽培模式水稻齐穗期至成熟期各器官干物质转运¹⁾

Table 3 Dry matter transport of different rice organs from heading stage to maturity stage under different cultivation modes

年份 Year	栽培模式 Cultivation mode	茎鞘 Stem-sheath		叶片 Leaf		穗 Panicle	
		干物质转运量/ (t·hm ⁻²) Dry matter transport amount	干物质转运率/% Dry matter transport efficiency	干物质转运量/ (t·hm ⁻²) Dry matter transport amount	干物质转运率/% Dry matter transport efficiency	干物质转运量/ (t·hm ⁻²) Dry matter transport amount	干物质转运率/% Dry matter transport efficiency
2017	当地农户 Local farmer	0.41±0.10a	5.26±1.19a	0.66±0.07b	27.02±2.49b	6.79±0.45b	10.08±0.36a
	高产高效 High yield and high efficiency	0.44±0.18a	5.88±2.32a	0.75±0.15b	31.36±4.43ab	7.33±0.26b	10.63±0.96a
	超高产 Super high yield	0.61±0.11a	6.36±1.12a	1.02±0.09a	35.98±2.58a	9.20±0.26a	11.74±0.44a
2018	当地农户 Local farmer	0.45±0.23a	6.53±3.24a	0.63±0.01b	28.68±2.69a	7.08±0.37b	9.47±1.62a
	高产高效 High yield and high efficiency	0.47±0.24a	6.54±3.23a	0.76±0.01ab	30.47±1.68a	7.67±0.08b	10.38±0.72a
	超高产 Super high yield	0.68±0.47a	7.12±4.92a	1.03±0.21a	31.99±3.25a	9.67±0.24a	11.31±1.52a

1)表中数据为平均值±标准差;相同年份同列数据后不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$, LSD法)

1) Data in the table were average ± standard deviation; Different lowercase letters in the same year and column indicated significant differences ($P<0.05$, LSD method)

3 讨论与结论

3.1 不同栽培模式对水稻产量的影响

盐碱地制约水稻产量的因素很多,前期抑制幼苗生长,导致有效分蘖数少,单位面积穗数不足;中期生长不旺盛,花粉活力下降,幼穗分化受阻,导致每穗粒数减少,结实率降低;后期容易早衰,千粒质量较小,最终影响水稻产量^[5]。陈海飞等^[17]认为适度增加施氮量与提高移栽密度可以提高水稻群体茎蘖数,减少无效分蘖,优化水稻群体结构,在保证茎蘖数的前提下提高成穗率;严凯等^[10]同样认为可以通过提高单位面积有效穗数来提高盐碱地水稻产量。本试验结果表明,栽培技术的集成与优化可以使水稻产量较当地农户栽培提高 8.44%~27.45%。从产量构成因素分析,产量水平的提高主要得益于有效穗数和每穗粒数的提高。研究发现超高产 (13.5 t·hm⁻²) 群体在产量形成上具有“穗数足(适宜穗数)、穗型大(群体平均每穗粒数多)、结实率和千粒质量正常”的特征^[18];潘博^[19]同样认为增加穗数是寒地水稻超高产栽培的主要措施。本试验中,高产高效栽培和超高产栽培采取精确灌溉的水管理措施,有研究表明精确灌溉可以增强水稻根系活力,提高根系对水肥的吸收,促进地上部的生长发育^[20]。高产高效栽培通过增施穗粒肥和调控基蘖肥与穗粒肥比例,减少无效分蘖对群体的不良影响,促进大穗形成,同时促进水稻群体籽粒灌浆,提高千粒质量^[21]。超高产栽培在适当增加肥料施用量的基础上,进一步采取肥料分期调控和适量增施有机

肥的优化管理措施,促进植株体内的氮素积累及转运,提高地上部生物量,最终协同提高水稻产量^[13]。综上,与当地农户栽培相比,高产高效栽培和超高产栽培均在增加穗数的同时,不同程度地提高了每穗粒数,使产量提高。因此,增加穗数和穗粒数,提高产量库容,是实现松嫩平原西部苏打盐碱稻区高产的主要栽培措施。

3.2 不同栽培模式对水稻干物质积累与转运的影响

水稻产量主要来源于抽穗前茎叶贮藏营养物质的转运和抽穗后的光合作用^[22],80%以上籽粒灌浆物质来自抽穗后的光合同化物^[23],提高抽穗后光合物质的同化量对水稻高产有重要意义。凌启鸿等^[24-25]研究证明水稻产量与抽穗期干物质积累量呈抛物线关系,与成熟期干物质积累量及抽穗期至成熟期干物质积累量呈线性关系,得出超高产水稻抽穗期的干物质质量占成熟期总干质量的60%左右,抽穗至成熟期积累的干物质质量约占总干质量的40%。陈丽楠等^[26]发现水稻产量随抽穗后干物质的增加而显著增加,抽穗后干物质积累和水稻产量呈极显著正相关。本研究同样发现与当地农户栽培相比,高产高效栽培和超高产栽培显著提高了水稻干物质总积累量,特别是齐穗至成熟阶段的干物质积累量,使产量随干物质的增加而同步增加。高产高效栽培和超高产栽培促进水稻齐穗后的干物质转运,增强有机物向穗部的高效转运和积累,从而提高产量,与韩勇等^[27]研究结果相似。

3.3 结论

有效穗数低、穗粒数少是制约松嫩平原西部苏

打盐碱稻区水稻产量的主要因素,不同栽培模式中有效穗数和每穗粒数与产量关系最为密切。通过栽培技术的集成和优化,高产高效栽培和超高产栽培促进水稻营养器官齐穗期积累的有机物向穗部的转运与积累,增加单位面积有效穗数,优化穗部结构,提高穗粒数,进而提高产量。盐碱地条件下可以通过提高移栽密度、适度增加肥料特别是氮肥的施用量和优化肥料配比等栽培措施提高水稻产量。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2017[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017.
- [2] 王晓煜, 杨晓光, 孙爽, 等. 气候变化背景下东北三省主要粮食作物产量潜力及资源利用效率比较[J]. 应用生态学报, 2015, 26(10): 3091-3102.
- [3] 邓伟, 裘善文, 梁正伟. 中国大安碱地生态试验站区域生态环境背景[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 46.
- [4] 高淑梅, 周继伟. 松嫩平原盐碱土现状及改良措施[J]. 现代化农业, 2011(6): 13-15.
- [5] 张唤, 黄立华, 李洋洋, 等. 东北苏打盐碱地种稻研究与实践[J]. 土壤与作物, 2016, 5(3): 191-197.
- [6] AL-RAWAHY S A, STROEHLEIN J L, PESSARAKLI M. Dry-matter yield and nitrogen-15, Na⁺, Cl⁻ and K⁺ content of tomatoes under sodium chloride stress[J]. J Plant Nutr, 1992, 15(3): 341-358.
- [7] HUANG L H, LIANG Z W, SUAREZ D L, et al. Impact of cultivation year, nitrogen fertilization rate and irrigation water quality on soil salinity and soil nitrogen in saline-sodic paddy fields in Northeast China[J]. J Agr Sci, 2015, 1(4): 1-15.
- [8] 王学君, 董晓霞, 孙泽强, 等. 钾、锌、硒和优化施肥对轻度盐碱地玉米产量和肥料吸收的影响[J]. 山东农业科学, 2011(1): 53-55.
- [9] 孙永健, 孙园园, 徐徽, 等. 水氮管理模式与磷钾肥配施对杂交水稻冈优 725 养分吸收的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(7): 1335-1346.
- [10] 严凯, 蒋玉兰, 唐纪元, 等. 盐碱地条件下施氮量和栽插密度对水稻产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2018(2): 67-74.
- [11] 黄立华, 沈娟, 冯国忠, 等. 不同氮磷钾肥配施对盐碱地水稻产量性状和吸肥规律的影响[J]. 农业现代化研究, 2010, 31(2): 216-219.
- [12] 向镜, 张义凯, 朱德峰, 等. 盐碱地耕作和洗盐方式对水稻生长及产量的影响[J]. 中国稻米, 2018, 24(4): 68-71.
- [13] 王玉雯, 郭九信, 孔亚丽, 等. 氮肥优化管理协同实现水稻高产和氮肥高效[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(5): 1157-1166.
- [14] 韦叶娜, 赵祥, 杨国涛, 等. 栽培密度对不同穗型水稻群体小气候及产量构成的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2018, 24(4): 813-823.
- [15] 张艳峰, 李冬初, 刘淑军, 等. 不同地力条件下栽培密度对超级稻产量及养分吸收影响[J]. 中国农学通报, 2019, 35(14): 8-12.
- [16] 霍中洋, 杨雄, 张洪程, 等. 不同氮肥群体最高生产力水稻品种各器官的干物质和氮素的积累与转运[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(5): 1035-1045.
- [17] 陈海飞, 冯洋, 蔡红梅, 等. 氮肥与移栽密度互作对低产田水稻群体结构及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(6): 1319-1328.
- [18] 张洪程, 吴桂成, 李德剑, 等. 杂交粳稻 13.5 t hm⁻² 超高产群体动态特征及形成机制的探讨[J]. 作物学报, 2010, 36(9): 1547-1558.
- [19] 潘博. 不同穗型寒地水稻高产栽培肥密模式研究[J]. 黑龙江农业科学, 2015(9): 38-40.
- [20] 张自常, 李鸿伟, 陈婷婷, 等. 畦沟灌溉和干湿交替灌溉对水稻产量与品质的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(24): 4988-4998.
- [21] 黄胜东, 李余生, 杨娟. 肥料运筹比例对不同类型水稻群体质量的影响[J]. 江西农业学报, 2016, 28(7): 53-57.
- [22] 杨惠杰, 李义珍, 杨仁崔, 等. 超高产水稻的干物质生产特性研究[J]. 中国水稻科学, 2001, 15(4): 265-270.
- [23] 张慧. 前氮后移对寒地水稻抽穗后光合特性和群体质量的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2009.
- [24] 凌启鸿, 苏祖芳, 张海泉. 水稻成穗率与群体质量的关系及其影响因素的研究[J]. 作物学报, 1995, 21(4): 463-469.
- [25] 凌启鸿, 张洪程, 丁艳锋. 水稻丰产高效技术及理论[D]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [26] 陈丽楠, 彭显龙, 刘元英, 等. 养分管理对寒地水稻干物质积累及运转的影响[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41(5): 52-56.
- [27] 韩勇, 邓媛, 沈枫, 等. 辽宁省杂交粳稻产量构成及光合生理生态特性研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(5): 1852-1855.

【责任编辑 李庆玲】