

**HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM**



**NGUYỄN HOÀNG PHƯƠNG**

**NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM NÔNG SINH HỌC  
VÀ BIỆN PHÁP KỸ THUẬT CANH TÁC MỘT SỐ  
GIỐNG LÚA PHỤC VỤ SẢN XUẤT GẠO LÚT  
TẠI VÙNG TÂY BẮC**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ**

**NHÀ XUẤT BẢN HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP - 2026**

**HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM**

**NGUYỄN HOÀNG PHƯƠNG**

**NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM NÔNG SINH HỌC  
VÀ BIỆN PHÁP KỸ THUẬT CANH TÁC MỘT SỐ  
GIỐNG LÚA PHỤC VỤ SẢN XUẤT GẠO LỨT  
TẠI VÙNG TÂY BẮC**

Ngành:	Khoa học Cây trồng
Mã số:	9 62 01 10
Người hướng dẫn:	GS.TS. Phạm Văn Cường TS. Nguyễn Văn Khoa

**HÀ NỘI - 2026**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi, các kết quả nghiên cứu được trình bày trong luận án là trung thực, khách quan và chưa từng dùng để bảo vệ lấy bất kỳ học vị nào.

Tôi xin cam đoan rằng mọi sự giúp đỡ cho việc thực hiện luận án đã được cảm ơn, các thông tin trích dẫn trong luận án này đều được chỉ rõ nguồn gốc.

*Hà Nội, ngày... tháng... năm...*

**Tác giả luận án**

**Nguyễn Hoàng Phương**

## LỜI CẢM ƠN

Trong suốt thời gian học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận án, nghiên cứu sinh đã nhận được sự hướng dẫn, chỉ bảo tận tình của các thầy cô giáo, sự giúp đỡ, động viên của bạn bè, đồng nghiệp và gia đình.

Nhân dịp hoàn thành luận án, cho phép nghiên cứu sinh được bày tỏ lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc Thầy giáo GS.TS. Phạm Văn Cường và TS. Nguyễn Văn Khoa đã tận tình hướng dẫn, dành nhiều công sức, thời gian và tạo điều kiện cho nghiên cứu sinh trong suốt quá trình học tập và thực hiện đề tài.

Nghiên cứu sinh xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới Ban Giám đốc, Ban Quản lý đào tạo, Bộ môn Cây lương thực, Khoa Nông học - Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã tận tình giúp đỡ nghiên cứu sinh trong quá trình học tập, thực hiện đề tài và hoàn thành luận án.

Nghiên cứu sinh xin chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm khoa học cây trồng - Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã cho phép nghiên cứu sinh sử dụng vật liệu và thiết bị phục vụ nghiên cứu.

Nghiên cứu sinh xin chân thành cảm ơn tập thể lãnh đạo, cán bộ viên chức Trường Đại học Tây Bắc đã giúp đỡ và tạo điều kiện cho tôi trong suốt quá trình thực hiện đề tài.

Nghiên cứu sinh xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Tây Bắc - Cơ quan chủ trì đề tài: Nghiên cứu đánh giá hàm lượng dầu gạo và ảnh hưởng của điều kiện ngoại cảnh đến chất lượng dầu gạo của một số giống lúa tại khu vực Tây Bắc và đề tài: Nghiên cứu đánh giá nguồn gen phục vụ tuyển chọn giống lúa sản xuất gạo lứt tại vùng Tây Bắc đã cho phép nghiên cứu sinh sử dụng một phần kết quả nghiên cứu của đề tài.

Nghiên cứu sinh xin chân thành cảm ơn gia đình, người thân, bạn bè, đồng nghiệp đã tạo mọi điều kiện thuận lợi và giúp đỡ tôi về mọi mặt, động viên khuyến khích tôi hoàn thành luận án.

Một lần nữa nghiên cứu sinh xin chân thành cảm ơn tất cả những giúp đỡ quý báu của các tập thể và cá nhân dành cho nghiên cứu sinh.

*Hà Nội, ngày ... tháng ... năm 20...*

**Tác giả luận án**

**Nguyễn Hoàng Phương**

# MỤC LỤC

	Trang
Lời cam đoan .....	i
Lời cảm ơn .....	ii
Mục lục .....	iii
Danh mục chữ viết tắt .....	vi
Danh mục bảng .....	vii
Danh mục hình .....	ix
Trích yếu luận án .....	x
Thesis abstract.....	xii
<b>Phần 1. Mở đầu .....</b>	<b>1</b>
1.1. Tính cấp thiết của đề tài.....	1
1.2. Mục tiêu nghiên cứu .....	1
1.3. Phạm vi nghiên cứu .....	3
1.4. Những đóng góp mới của đề tài.....	3
1.5.1. Ý nghĩa khoa học .....	4
1.5.2. Ý nghĩa thực tiễn.....	4
<b>Phần 2. Tổng quan tài liệu nghiên cứu .....</b>	<b>5</b>
2.1. Sản xuất và tiêu thụ gạo lứt .....	5
2.1.1. Sản xuất và tiêu thụ gạo lứt trên thế giới .....	5
2.1.2. Sản xuất và tiêu thụ gạo lứt tại Việt Nam .....	6
2.2. Đặc điểm nông sinh học của gạo lứt.....	10
2.2.1. Đặc điểm hình thái, cấu tạo và giá trị dinh dưỡng của gạo lứt .....	10
2.2.2. Giá trị dinh dưỡng của gạo lứt .....	18
2.3. Kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của điều kiện ngoại cảnh đến năng suất và chất lượng lúa gạo .....	22
2.3.1. Nhiệt độ.....	22
2.3.2. Ánh sáng và bức xạ mặt trời .....	25
2.3.3. Độ ẩm không khí.....	27
2.3.4. Lượng mưa và phân bố mưa .....	28
2.4. Kết quả nghiên cứu về lượng bón phân đạm và mật độ cấy lúa .....	29
2.4.1. Nghiên cứu về lượng bón phân đạm cho lúa .....	29
2.4.2. Nghiên cứu về mật độ cấy lúa.....	31

2.4.3. Ảnh hưởng của mật độ cấy và lượng đạm bón đến năng suất và chất lượng lúa.....	33
2.5. Một số giống lúa làm gạo lứt.....	35
2.6. Một số đặc điểm khí tượng của khu vực Tây Bắc Việt Nam.....	37
2.6.1. Đặc điểm khí hậu chung khu vực Tây Bắc.....	37
2.6.2. Đặc điểm khí tượng năm 2021 tại khu vực nghiên cứu.....	39
2.7. Nhận xét chung từ tổng quan tài liệu.....	43
<b>Phần 3. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu .....</b>	<b>45</b>
3.1. Vật liệu nghiên cứu.....	45
3.2. Nội dung nghiên cứu.....	46
3.2.1. Nội dung 1: Xác định mẫu giống lúa nếp bản địa và dòng lúa mới có tiềm năng sản xuất gạo lứt .....	47
3.2.2. Nội dung 2: Nghiên cứu ảnh hưởng của vùng sinh thái đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng gạo lứt của các dòng, mẫu giống lúa làm gạo lứt .....	47
3.2.3. Nội dung 3: Xác định một số biện pháp kỹ thuật canh tác giống lúa sử dụng làm gạo lứt. ....	47
3.3. Phương pháp nghiên cứu .....	47
3.3.1. Bố trí các thí nghiệm.....	47
3.3.2. Biện pháp kỹ thuật áp dụng: .....	50
3.3.3. Các chỉ tiêu theo dõi .....	52
3.3.4. Phương pháp xử lý số liệu .....	55
<b>Phần 4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận.....</b>	<b>57</b>
4.1. Xác định mẫu giống lúa có tiềm năng sản xuất gạo lứt.....	57
4.1.1. Đặc điểm nông sinh học của một số dòng, mẫu giống lúa thử nghiệm .....	57
4.1.2. Phân tích đa dạng các mẫu giống lúa bản địa.....	57
4.1.3. Xác định các mẫu giống lúa bản địa có tiềm năng sản xuất gạo lứt.....	78
4.2. Ảnh hưởng của vùng sinh thái đến năng suất và chất lượng gạo lứt.....	79
4.2.1. Khả năng sinh trưởng của các mẫu giống lúa ở các vùng sinh thái khác nhau ....	79
4.2.2. Mức độ nhiễm sâu bệnh hại của các dòng, mẫu giống lúa .....	83
4.2.3. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của các mẫu giống lúa.....	84
4.2.4. Một số yếu tố liên quan đến chất lượng gạo lứt của các mẫu giống lúa.....	87
4.3. Nghiên cứu biện pháp kỹ thuật canh tác mẫu giống lúa có tiềm năng sản xuất gạo lứt .....	91
4.3.1. Ảnh hưởng của lượng đạm bón đến năng suất và chất lượng gạo lứt trong điều kiện nhà lưới .....	91

4.3.2. Ảnh hưởng của lượng đạm bón và mật độ cấy đến năng suất và chất lượng gạo lứt .....	98
<b>Phần 5. Kết luận và kiến nghị.....</b>	<b>119</b>
5.1. Kết luận.....	119
5.2. Đề nghị.....	120
<b>Danh mục công trình đã công bố liên quan đến luận án.....</b>	<b>121</b>
<b>Tài liệu tham khảo .....</b>	<b>122</b>
<b>Phụ lục .....</b>	<b>135</b>

## DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

STT	Từ viết tắt	Diễn giải đầy đủ
1.	BNNPTNT	Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn
2.	ĐBSCL	Đồng bằng sông Cửu Long
3.	ĐBSH	Đồng bằng sông Hồng
4.	FAO	Tổ chức Nông Lương thế giới
5.	G và E	Tương tác kiểu gen và môi trường
6.	GABA	Axit Gamma - aminobutyric
7.	HPLC	Sắc ký lỏng hiệu năng cao
8.	IPGRI	Viện Tài nguyên Di truyền Thực vật Quốc tế
9.	Ja 12	Dòng lúa Ja 12
10.	Ja 23	Dòng lúa Ja 23
11.	Ja 35	Dòng lúa Ja 35
12.	KL	Khối lượng
13.	KLCK	Khối lượng chất khô
14.	LAI	Chỉ số diện tích lá
15.	M	Mật độ
16.	N	Nitơ
17.	NSCT	Năng suất cá thể
18.	NSTT	Năng suất thực thu
19.	NUE	Hiệu suất sử dụng đạm
20.	QCVN	Quy chuẩn Việt Nam
21.	SPAD	Chỉ số phản ánh hàm lượng diệp lục (Soil Plant Analysis Development)
22.	SSR	Lặp lại trình tự đơn giản
23.	ta2-1	Đột biến lúa có lớp aleurone dày
24.	TAG	Triacylglycerol
25.	TLC/GL	Tỷ lệ cám/gạo lứt
26.	TLCK	Tích lũy chất khô
27.	TLĐN	Tích lũy chất khô giai đoạn đẻ nhánh
28.	TLGL	Tỷ lệ gạo lứt
29.	TLHC	Tỷ lệ hạt chắc
30.	VCU	Giá trị canh tác và giá trị sử dụng



## DANH MỤC BẢNG

TT	Tên bảng	Trang
2.1.	Đặc điểm một số loại gạo lứt nâu trên thị trường tại Việt Nam .....	7
2.2.	Một số sản phẩm chế biến từ gạo lứt tại Việt Nam .....	8
3.1.	Danh sách các dòng, mẫu giống lúa phục vụ nghiên cứu .....	45
3.2.	Danh sách 35 chỉ thị SSR.....	48
3.3.	Tiêu chí lựa chọn các mẫu giống lúa có tiềm năng sản xuất gạo lứt .....	49
3.4.	Đánh giá mức độ nhiễm sâu bệnh hại chính trên cây lúa .....	55
4.1.	Một số đặc điểm nông sinh học của các dòng, mẫu giống lúa.....	57
4.2.	Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất một số dòng, mẫu giống .....	60
4.3.	Đặc điểm hạt gạo lứt một số dòng, mẫu giống lúa .....	62
4.4.	Chất lượng cơm lứt của một số dòng, mẫu giống lúa .....	64
4.5.	Một số đặc điểm hạt gạo và chất lượng gạo lứt của các dòng, mẫu giống thí nghiệm.....	66
4.6.	Kết quả phân tích SSR của 25 mẫu giống lúa bản địa .....	70
4.7.a	Hệ số tương đồng Jaccard của các mẫu giống lúa nếp bản địa khu vực Tây Bắc .....	72
4.7.b	Hệ số tương đồng Jaccard của các mẫu giống lúa nếp bản địa khu vực Tây Bắc .....	73
4.8.	Một số đặc điểm nông sinh học của các mẫu giống lúa tại các tiểu vùng sinh thái khác nhau .....	81
4.9.	Mức độ nhiễm sâu bệnh hại của các dòng, mẫu giống lúa tại các tiểu vùng sinh thái khác nhau năm 2021 .....	83
4.10.	Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của các mẫu giống lúa tại Sơn La và Điện Biên .....	85
4.11.	Đặc điểm phân hạt, vỏ lụa và chất lượng gạo lứt của các mẫu giống lúa.....	88
4.12.	Ảnh hưởng của mức đạm bón đến các chỉ tiêu sinh lý .....	92
4.13.	Ảnh hưởng của mức đạm bón đến các chỉ tiêu năng suất.....	94
4.14.	Ảnh hưởng của lượng đạm bón đến các chỉ tiêu chất lượng.....	96
4.15.	Khả năng sinh trưởng của mẫu giống nếp Điện Biên ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa và vụ xuân tại Sơn La.....	99

4.16.	Đặc điểm nông sinh học của mẫu giống nếp Điện Biên ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa và vụ xuân tại Điện Biên.....	101
4.17.	Mức độ nhiễm sâu bệnh hại của mẫu giống nếp Điện Biên ở các mức phân bón và mật độ khác nhau trong vụ mùa và vụ xuân tại Sơn La và Điện Biên .....	103
4.18.	Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của mẫu giống nếp Điện Biên ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa và vụ xuân tại Sơn La .....	106
4.19.	Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của mẫu giống nếp Điện Biên ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa và vụ xuân tại Điện Biên .....	107
4.20.	Đặc điểm nông sinh học của dòng Ja 35 ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023 tại Sơn La .....	110
4.21.	Khả năng sinh trưởng của dòng Ja 35 ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa và vụ xuân tại Điện Biên .....	112
4.22.	Mức độ nhiễm sâu bệnh hại của dòng Ja 35 ở các mức phân bón và mật độ khác nhau trong vụ mùa và vụ xuân .....	113
4.23.	Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của dòng Ja 35 ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa và vụ xuân tại Sơn La.....	117
4.24.	Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của dòng Ja 35 ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa và vụ xuân tại Điện Biên.....	118

## DANH MỤC HÌNH

<b>TT</b>	<b>Tên hình</b>	<b>Trang</b>
2.1.	Màu sắc gạo lứt (A), gạo xát (B), và mặt cắt ngang (C) hạt gạo của một số mẫu giống lúa .....	11
2.2.	Màu sắc gạo lứt (A), gạo xát (B), và mặt cắt ngang (D) hạt gạo của một số mẫu giống lúa .....	12
2.3.	Diễn biến nhiệt độ các tháng thực hiện thí nghiệm trong năm 2021 tại Mộc Châu và Điện Biên Phủ .....	40
2.4.	Biên độ nhiệt độ các tháng thực hiện thí nghiệm trong năm 2021 tại Mộc Châu và Điện Biên Phủ .....	41
2.5.	Số giờ nắng các tháng thực hiện thí nghiệm trong năm 2021 tại Mộc Châu và Điện Biên Phủ.....	42
2.6.	Lượng mưa các tháng trong năm 2021 tại Mộc Châu và Điện Biên Phủ .....	43
2.7.	Sơ đồ mối quan hệ giữa kiểu gen, môi trường, kỹ thuật canh tác và chất lượng gạo lứt .....	44
3.1.	Sơ đồ hệ thống các nội dung triển khai của luận án.....	46
4.1.	Biểu đồ phân tích thành phần chính (PCABiplot) của 25 mẫu giống lúa bản địa .....	74
4.2.	Hình thái hạt của 25 mẫu giống lúa nếp bản địa .....	75
4.3.	Phân tích cụm sử dụng phương pháp nhóm cặp không trọng số với phương pháp trung bình số học (UPGMA) dựa trên hệ số tương đồng Jaccard giữa 25 mẫu giống lúa bản địa .....	76

## TRÍCH YẾU LUẬN ÁN

**Tên tác giả:** Nguyễn Hoàng Phương

**Tên luận án:** Nghiên cứu đặc điểm nông sinh học và biện pháp kỹ thuật canh tác một số giống lúa phục vụ sản xuất gạo lứt tại vùng Tây Bắc.

**Chuyên ngành:** Khoa học cây trồng

**Mã số:** 9 62 01 10

**Mục tiêu nghiên cứu:**

Đánh giá đặc điểm nông sinh học và chất lượng gạo lứt của các mẫu giống lúa bản địa và các dòng lúa mới chọn tạo, từ đó lựa chọn được dòng, giống có năng suất cao và chất lượng gạo lứt tốt tại các vùng trồng khác nhau để làm thực phẩm. Đề xuất một số biện pháp kỹ thuật canh tác (lượng phân đạm bón và mật độ cấy) thích hợp cho sản xuất lúa phục vụ sản xuất gạo lứt tại vùng Tây Bắc.

**Nội dung và phương pháp nghiên cứu**

Nội dung nghiên cứu: (1) Nghiên cứu đặc điểm nông sinh học, đặc điểm hạt, hàm lượng dinh dưỡng và đa dạng di truyền của các giống lúa thu thập và các dòng lúa mới chọn tạo tại vùng Tây Bắc. (2) Nghiên cứu ảnh hưởng của vùng sinh thái đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng của một số dòng, giống lúa chọn lọc sản xuất gạo lứt. (3) Nghiên cứu biện pháp kỹ thuật canh tác đối với giống lúa chọn lọc có tiềm năng sản xuất gạo lứt.

Đối tượng nghiên cứu: 25 giống lúa nếp ruộng bản địa, 3 dòng lúa *japonica* mới do Học viện Nông nghiệp Việt Nam chọn tạo ở thể hệ BC<sub>3</sub>F<sub>8</sub>.

Phương pháp nghiên cứu: Phương pháp bố trí thí nghiệm ngoài đồng và trong chậu, vại. Chỉ tiêu phân tích: (1) Chỉ tiêu nông sinh học gồm thời gian sinh trưởng, năng suất theo Quy phạm khảo nghiệm VCU giống lúa (QCVN 01 - 55:2011/BNNPTNT), (2) Phân tích đa dạng di truyền theo phương pháp SSR, giải phẫu phôi hạt, vỏ lụa theo phương pháp cắt nửa hạt. (3) Các chỉ tiêu sinh lý gồm cường độ quang hợp bằng máy đo LSCi, chỉ số SPAD, khối lượng chất khô tích lũy. (4) Chỉ tiêu hóa sinh về chất lượng gạo gồm: hàm lượng lipids (theo phương pháp Soxhlet),  $\gamma$  - oryzanol (theo phương pháp HPLC), protein (theo phương pháp Kjeldahl), amylose (theo phương pháp DNS).

**Kết quả chính và kết luận**

1. Đề tài đã xây dựng bộ dữ liệu về đặc điểm nông sinh học và chất lượng gạo lứt của 25 mẫu giống lúa bản địa vùng Tây Bắc và 3 dòng lúa mới. Các dòng, mẫu giống có thời gian sinh trưởng 121 - 151 ngày, năng suất 3,7 - 6,7 tấn/ha, độ dày vỏ lụa 23,99 - 26,22  $\mu$ m, khối lượng phôi 0,52 - 0,80 mg, hàm lượng lipid 2,42 - 2,77%,  $\gamma$ -oryzanol 49,77 - 66,26 mg/100 g, protein 7,51 - 12,14%, chất lượng cơm lứt 12 - 19 điểm. Phân tích 35 chỉ thị phân tử phát hiện 25 chỉ thị đa hình với 3,32 alen/locus, PIC cao nhất đạt 0,39, phân chia vật liệu thành 5 nhóm di truyền tại hệ số tương đồng 0,7, trong đó Nếp

Điện Biên 3 tách thành nhóm riêng. Các dòng Ja12 (vỏ lụa dày), Ja23 (phôi to), Ja35 (phôi to và vỏ lụa dày) và mẫu giống NSL4 và NDB3 được lựa chọn để thử nghiệm tại các vùng trồng khác nhau.

2. Đánh giá 5 dòng, giống tại hai vùng sinh thái cho thấy điều kiện môi trường ảnh hưởng rõ đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng gạo lứt. Tại cánh đồng Mường Thanh, điều kiện nhiệt độ và bức xạ thuận lợi giúp dòng Ja35 đạt năng suất 7,4 tấn/ha (Xuân) và 6,9 tấn/ha (Mùa), đồng thời có khối lượng hạt lớn và hàm lượng các hợp chất dinh dưỡng trong lớp cám cao, phù hợp phát triển sản xuất gạo lứt. Trong nhóm giống bản địa, NDB3 thể hiện ưu thế về năng suất và hàm lượng lipid và  $\gamma$ -oryzanol, cho thấy tiềm năng làm nguồn vật liệu cho sản xuất và chế biến gạo lứt vùng miền núi phía Bắc.

3. Mức bón đạm ảnh hưởng rõ đến hoạt động quang hợp và tích lũy sinh khối. Khi tăng lượng đạm từ 0,5N lên 1N, cường độ quang hợp tăng từ 19,4 lên 23,7  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ; ở 1,5N, chỉ số SPAD đạt 41,2 và chất khô đạt 56,4 g/khóm. Năng suất cao nhất đạt 31 g/khóm ở mức 1N và giảm ở 1,5N. Mức đạm trung bình tối ưu cho cân bằng sinh trưởng và tích lũy vật chất. Chất lượng gạo lứt tăng theo mức đạm nhưng không cải thiện rõ khi bón vượt mức 1N.

4. Mật độ cấy và chế độ bón phân ảnh hưởng rõ đến các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất. Mật độ 33 khóm/ $\text{m}^2$  kết hợp bón phân cân đối giúp phát huy tiềm năng của các vật liệu. Trong điều kiện này, Nếp Điện Biên 3 đạt 6,53 tấn/ha với 45 kg N + 90 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  + 90 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha, trong khi Ja35 đạt 7,47 tấn/ha tại mức 90 kg N + 90 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  + 90 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha, thích hợp sản xuất gạo lứt chất lượng cao tại vùng Tây Bắc.

## THESIS ABSTRACT

**Author name:** Nguyen Hoang Phuong

**Thesis title:** Research on agrobiological characteristics and technical measures for cultivating some rice varieties for brown rice production in the Northwest region.

**Major:** Crop Science

**Code:** 9 62 01 10

### Research Objectives

This study aimed to identify rice genotypes with high yield potential, superior brown rice quality, and stable ecological adaptability in Northwestern Vietnam. Indigenous rice landraces and newly developed rice lines were systematically evaluated to select materials suitable for direct brown rice consumption, processing into brown rice - based products, and extraction of rice bran oil rich in bioactive compounds. In parallel, optimal agronomic practices, particularly nitrogen fertilization and transplanting density, were determined to support sustainable brown rice - oriented rice production systems in the region.

### Materials and Methods

Field and pot experiments were conducted to evaluate agro - biological performance, physiological traits, and brown rice quality. The experimental materials included 25 indigenous rice landraces (nep tan), three *japonica* rice lines developed at the BC<sub>3</sub>F<sub>8</sub> generation by Vietnam National University of Agriculture, and the introduced *japonica* variety Mizuhochikara. Growth duration and yield were assessed following the national rice VCU testing protocol (QCVN 01 - 55:2011/BNNPTNT). Genetic diversity was analyzed using SSR markers, while grain anatomical traits, including embryo size and bran layer thickness, were examined via half - grain sectioning.

Physiological parameters included photosynthetic rate (LSCi system), chlorophyll content (SPAD index), and dry matter accumulation. Brown rice quality was evaluated through lipids content (Soxhlet extraction),  $\gamma$  - oryzanol concentration (HPLC), protein content (Kjeldahl method), and amylose content (DNS method).

### Results and Discussion

1. The study established a comprehensive dataset on the agro-biological traits and brown rice quality of 25 indigenous rice accessions from the Northwest region of Vietnam and three newly developed rice lines. The materials exhibited growth durations of 121 - 151 days, grain yields of 3.7 - 6.7 t ha<sup>-1</sup>, bran layer thickness of 23.99 - 26.22  $\mu$ m, embryo weight of 0.52 - 0.80 mg, lipid content of 2.42 - 2.77%,  $\gamma$ -oryzanol content of 49.77 - 66.26 mg per 100 g, protein content of 7.51 - 12.14%, and brown rice eating quality scores of 12 - 19 points. Molecular analysis using 35 markers detected 25 polymorphic markers with 3.32 alleles per locus) and an maximum polymorphic information content (PIC) of 0.39. Cluster analysis grouped the materials into five genetic groups at a similarity

coefficient of 0.7, with Nep Dien Bien 3 forming a distinct cluster. Based on agro-biological and genetic evaluation, the lines Ja12 (thick bran layer), Ja23 (large embryo), Ja35 (large embryo and thick bran layer) together with NSL4 and NDB3 were selected for further evaluation across different ecological regions.

2. Evaluation of the five selected lines and varieties across two ecological regions demonstrated that environmental conditions significantly influenced plant growth, yield, and brown rice quality. At the Muong Thanh field, favorable temperature and solar radiation conditions enabled Ja35 to achieve yields of 7.4 t ha<sup>-1</sup> in the Spring season and 6.9 t ha<sup>-1</sup> in the Summer season, accompanied by large grain weight and high concentrations of nutritional compounds in the bran layer, indicating strong suitability for brown rice production. Among the indigenous varieties, NDB3 showed advantages in both yield and lipid and  $\gamma$ -oryzanol contents, highlighting its potential as a valuable genetic resource for brown rice production and processing in the mountainous areas of Northern Vietnam.

3. Nitrogen fertilization level significantly affected photosynthetic activity and biomass accumulation. Increasing nitrogen application from 0.5N to 1N increased the photosynthetic rate from 19.4 to 23.7  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , while at 1.5N the SPAD value reached 41.2 and dry matter accumulation reached 56.4 g hill<sup>-1</sup>. However, the highest grain yield (31 g hill<sup>-1</sup>) was achieved at 1N, and declined at 1.5N, indicating that a moderate nitrogen level is optimal for balancing plant growth and biomass accumulation. Brown rice quality tended to improve with increasing nitrogen, but no substantial improvement was observed beyond the 1N level.

4. Planting density and fertilizer regime significantly influenced the yield components of the tested materials. A planting density of 33 hills m<sup>-2</sup> combined with balanced fertilization effectively exploited the yield potential of the rice materials. Under these conditions, Nep Dien Bien 3 achieved a maximum yield of 6.53 t ha<sup>-1</sup> with 45 kg N + 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, whereas Ja35 reached 7.47 t ha<sup>-1</sup> at 90 kg N + 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. These results demonstrate the promising potential of these materials for the production of high-quality brown rice in the Northwestern region of Vietnam.

## PHẦN 1. MỞ ĐẦU

### 1.1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Gạo lứt là sản phẩm thu được sau khi loại bỏ lớp vỏ trấu nhưng vẫn bảo toàn lớp cám và phôi - hai cấu trúc sinh học tập trung phần lớn các hợp chất dinh dưỡng và hoạt chất chức năng của hạt lúa. Nhờ duy trì các mô này, gạo lứt có hàm lượng vitamin, chất xơ, khoáng vi lượng và đặc biệt là  $\gamma$ -oryzanol cao - hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa mạnh và tiềm năng sinh học đáng kể (Yong & cs., 2025). Không chỉ được tiêu dùng trực tiếp, gạo lứt còn là nguyên liệu quan trọng cho các sản phẩm chế biến như mì, sữa thực vật và thực phẩm chức năng; việc bổ sung bột gạo lứt nguyên cám đã được chứng minh làm gia tăng hàm lượng polyphenol, chất xơ và cải thiện giá trị dinh dưỡng của sản phẩm (Prachi & cs., 2022; Hong & cs., 2023; Vu & cs., 2023). Trong bối cảnh xu hướng tiêu dùng thực phẩm nguyên cám gia tăng, thị trường gạo lứt toàn cầu đạt 10,9 tỷ USD năm 2024 và dự báo tăng lên 15,5 tỷ USD vào năm 2033 (Imarc Group, 2024), cho thấy tiềm năng phát triển lớn của ngành hàng này. Đồng thời, sự biến động đáng kể về hàm lượng protein, lipids và  $\gamma$ -oryzanol giữa các giống (Kun & cs., 2024; Swarnadip & cs., 2023; Yong & cs., 2025) cho thấy chất lượng gạo lứt chịu chi phối mạnh bởi kiểu gen, qua đó đặt ra yêu cầu nghiên cứu và chọn tạo giống theo định hướng nâng cao giá trị dinh dưỡng (Sakata & cs., 2016; Peng & cs., 2020; Phạm Văn Cường & cs., 2021).

Trên thế giới, xu hướng nghiên cứu đã chuyển từ đánh giá gạo xát trắng sang gạo lứt nhằm phản ánh đầy đủ hơn giá trị dinh dưỡng của kiểu gen. Các giống lúa tại Đông Nam Á như Hom Mali, Sung Yod (Sangyod), Noui Khuea và Riceberry cho thấy sự khác biệt rõ rệt về thành phần hóa sinh và đặc tính nấu khi phân tích ở dạng nguyên cám (Paramee & Panpipat., 2022; Jittimon & cs., 2025), trong khi các giống tại khu vực Bắc Phi - Trung Đông như Giza 178, Sakha 108, Egyptian Yasmin và Super 300 cũng thể hiện sự phân hóa đáng kể về chất lượng gạo lứt theo nền di truyền (Abdelsalam & cs., 2025). Tại Việt Nam, nhiều giống lúa bản địa và lúa màu như TĐ1, NCT-30, Khẩu cẩm panh, Lúa cẩm, Nếp cẩm ĐH6, Khẩu cẩm trắng cùng với các giống cao sản OM 5451, OM 6979, OM 1532, japonica J02 đã được khảo sát dưới dạng gạo lứt và bước đầu cho thấy tiềm năng đáng kể (Trần Thị Thu Hương & cs., 2017; Lương Thị Kim Loan & cs., 2022; Vu & cs., 2023). Tuy nhiên, các kết quả này còn rời rạc, chưa được tích hợp thành hệ thống đánh giá chuẩn hóa. Thực tiễn sản xuất hiện nay chủ yếu khai thác các giống



được chọn tạo cho mục tiêu gạo trắng (như Basmati hoặc Hom Mali) rồi sử dụng ở dạng gạo lứt (Imarc Group, 2024; Paramee & Panpipat., 2022; Abdelsalam & cs., 2025), dẫn đến chất lượng chưa ổn định và chưa tối ưu hóa giá trị dinh dưỡng của sản phẩm.

Mặc dù đã có nhiều bằng chứng cho thấy năng suất và chất lượng dinh dưỡng của gạo lứt là các tính trạng định lượng phức hợp, chịu sự điều khiển của kiểu gen và tương tác kiểu gen với môi trường (Pijug & cs., 2022; Noreen & cs., 2022), hệ thống tiêu chí chọn giống hiện nay vẫn chủ yếu tập trung vào các chỉ tiêu nông sinh học truyền thống. Các chỉ tiêu đặc thù cho gạo lứt như hàm lượng  $\gamma$ -oryzanol, lipids, protein, polyphenol, cấu trúc tinh bột, hoạt tính chống oxy hóa và đặc tính cảm quan chưa được chuẩn hóa trong hệ thống đánh giá giống (Swarnadip & cs., 2023). Đồng thời, mối quan hệ giữa đặc điểm sinh trưởng, điều kiện canh tác và sự tích lũy các hợp chất sinh học trong gạo lứt vẫn chưa được làm rõ một cách hệ thống, đặc biệt trong các điều kiện sinh thái đặc thù. Điều này cho thấy tồn tại một khoảng trống nghiên cứu đáng kể trong việc xây dựng bộ tiêu chí chọn giống chuyên biệt cho gạo lứt.

Từ những phân tích trên, có thể thấy rằng việc phát triển gạo lứt tại Việt Nam hiện vẫn đối mặt với nhiều hạn chế, bao gồm: thiếu hệ thống giống chuyên biệt; nguồn vật liệu chủ yếu mang tính chuyển đổi, chưa tối ưu về giá trị dinh dưỡng; thiếu các nghiên cứu tích hợp về đa dạng di truyền và tương tác kiểu gen với môi trường đối với các chỉ tiêu chất lượng; chưa xây dựng được bộ tiêu chí chọn giống đồng bộ giữa năng suất và chất lượng; cũng như thiếu cơ sở khoa học về ảnh hưởng của kỹ thuật canh tác và điều kiện sinh thái đến tích lũy hợp chất sinh học trong hạt. Do đó, cần thiết phải tiếp cận theo hướng tích hợp giữa chọn giống, đánh giá kiểu gen - môi trường và hoàn thiện quy trình canh tác, nhằm xây dựng cơ sở khoa học cho phát triển sản xuất gạo lứt, đặc biệt tại các vùng sinh thái đặc thù như khu vực Tây Bắc Việt Nam.

## **1.2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU**

Đánh giá được đặc điểm nông sinh học và chất lượng gạo lứt của các giống lúa nếp bản địa và các dòng lúa mới chọn tạo, từ đó lựa chọn được dòng, giống có năng suất cao và chất lượng gạo lứt tốt tại các vùng trồng khác nhau. Đề xuất một số biện pháp kỹ thuật canh tác (công thức bón phân và mật độ cấy) thích hợp cho canh tác lúa phục vụ sản xuất gạo lứt tại vùng Tây Bắc.

### 1.3. PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện tại khu vực Tây Bắc Việt Nam gồm các tỉnh: Sơn La, Điện Biên, Lai Châu.

Nghiên cứu được thực hiện từ năm 2020 đến năm 2025.

Nghiên cứu tiến hành đánh giá đặc điểm nông sinh học liên quan đến chất lượng gạo lứt và đa dạng di truyền của các giống lúa bản địa. Đánh giá khả năng sinh trưởng, năng suất, chất lượng của các giống lựa chọn tại 2 vùng gồm: Bắc Tây Bắc (cánh đồng Mường Thanh, tỉnh Điện Biên) và Nam Tây Bắc (Cao nguyên Mộc Châu, tỉnh Sơn La). Xây dựng quy trình kỹ thuật canh tác trên cơ sở ba tổ hợp phân bón và ba mật độ cây cho thí nghiệm đồng ruộng tại Mộc Châu, Sơn La và Thanh An, Điện Biên.

### 1.4. NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA ĐỀ TÀI

Nghiên cứu đã xây dựng bộ dữ liệu khoa học toàn diện về đặc điểm nông sinh học, cấu trúc phôi, chất lượng gạo lứt và sự đa dạng của các giống lúa nếp bản địa Tây Bắc, góp phần bổ sung cơ sở dữ liệu nguồn gen lúa bản địa Việt Nam theo hướng khai thác giá trị dinh dưỡng phục vụ sản xuất và chọn tạo giống lúa làm gạo lứt. Các dòng/giống cảm ôn có khả năng canh tác hai vụ, đạt năng suất 5,0 - 5,5 tấn/ha, mang phôi lớn ( $\geq 0,7$  mg) và /hoặc vỏ lụa dày ( $\geq 24$   $\mu$ m), hàm lượng lipids trong gạo lứt  $\geq 2\%$ ,  $\gamma$ -oryzanol  $\geq 60$  mg/100 g và protein  $\geq 7,5$  %, phù hợp sản xuất gạo lứt và sản phẩm chế biến tại vùng Tây Bắc. Trong đó, Nếp Điện Biên thể hiện năng suất ổn định và chất lượng tốt; dòng Ja 35 nổi bật với phôi lớn, vỏ lụa dày và hàm lượng lipids,  $\gamma$ -oryzanol cao, có tiềm năng phát triển sản phẩm giá trị gia tăng.

Kết quả cho thấy sự khác biệt về điều kiện chiếu sáng giữa Điện Biên và Mộc Châu ảnh hưởng rõ rệt đến hàm lượng lipid của gạo lứt, trong khi biên độ nhiệt ngày - đêm có liên quan chặt chẽ đến sự tích lũy  $\gamma$ -oryzanol nhưng ít tác động đến hàm lượng protein và amylose. Những kết quả này góp phần làm sáng tỏ ảnh hưởng của điều kiện sinh thái đến biểu hiện chất lượng hạt, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho việc định hướng vùng trồng nhằm nâng cao giá trị dinh dưỡng của gạo lứt ở khu vực Tây Bắc.

Các yếu tố kỹ thuật canh tác, đặc biệt là lượng đạm và mật độ cây, ảnh hưởng trực tiếp đến quang hợp, tích lũy chất khô, năng suất và chất lượng gạo lứt. Tăng lượng đạm từ 45 lên 90 kg N/ha thúc đẩy quang hợp và nâng cao năng suất; tuy

nhiên ở mức 135 kg N/ha, chất lượng có xu hướng cải thiện nhưng năng suất không tăng tương ứng. Mật độ 33 khóm/m<sup>2</sup> kết hợp mức bón 45 kg N/ha cho năng suất tối ưu đối với Nếp Điện Biên, trong khi Ja 35 đạt tối ưu ở 90 kg N/ha cùng mật độ, tạo cơ sở đề xuất quy trình kỹ thuật sản xuất gạo lứt phù hợp từng giống và vùng sinh thái.

## **1.5. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN CỦA ĐỀ TÀI**

### **1.5.1. Ý nghĩa khoa học**

Kết quả nghiên cứu của đề tài góp phần bổ sung và hoàn thiện cơ sở khoa học về mối quan hệ giữa đặc điểm phôi hạt với vỏ lụa và chất lượng gạo lứt, qua đó làm rõ vai trò của các cấu trúc hạt trong việc quyết định giá trị dinh dưỡng và hoạt tính sinh học của gạo lứt như lipids, oryzanol.

Các phân tích về ảnh hưởng của vùng sinh thái, lượng phân đạm và mật độ cây đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng gạo lứt góp phần làm rõ tương tác giữa kiểu gen và môi trường trong sản xuất lúa phục vụ chế biến gạo lứt và bảo tồn khai thác nguồn gen.

Kết quả nghiên cứu là nguồn tài liệu tham khảo có giá trị cho các nghiên cứu tiếp theo về chọn giống, sinh lý cây trồng và chất lượng gạo, đồng thời phục vụ cho công tác đào tạo và giảng dạy trong lĩnh vực khoa học cây trồng và công nghệ thực phẩm.

### **1.5.2. Ý nghĩa thực tiễn**

Các kết quả nghiên cứu đã xác định được mẫu giống lúa Nếp Điện Biên và dòng lúa Ja 35 thích hợp sản xuất gạo lứt, cung cấp cơ sở cho việc lựa chọn và phát triển các giống lúa có tiềm năng sản xuất gạo lứt tại vùng Tây Bắc.

Nghiên cứu xác định được lượng phân đạm bón và mật độ cây thích hợp cho các dòng, giống góp phần xây dựng quy trình kỹ thuật canh tác lúa.

## **PHẦN 2. TỔNG QUAN TÀI LIỆU NGHIÊN CỨU**

### **2.1. SẢN XUẤT VÀ TIÊU THỤ GẠO LÚT**

#### **2.1.1. Sản xuất và tiêu thụ gạo lứt trên thế giới**

Theo số liệu thống kê năm 2024 của Sky Quest Technology Consulting cho biết: Thị trường gạo lứt thương mại thế giới năm 2023 đạt 2,06 tỷ đô la, xếp hạng 1402/4644 trong các loại nông sản. Tỷ lệ trong thị phần thương mại thế giới chiếm 0,0091%, xếp hạng 1402/4644. Tăng trưởng xuất khẩu - 8,02% (2022 - 2023), nước xuất khẩu hàng đầu là Ấn Độ với 421 triệu đô la, nước nhập khẩu hàng đầu là Vương quốc Anh với 312 triệu đô la. Trong giai đoạn 2022 - 2023, các nước xuất khẩu gạo lứt tăng trưởng nhanh nhất là Ấn Độ (156 triệu đô la), Uruguay (47,2 triệu đô la) và Paraguay (43,1 triệu đô la). Trong cùng kỳ, các nước có mức tăng nhập khẩu gạo lứt lớn nhất là Vương quốc Anh (63,8 triệu đô la), Brazil (60,9 triệu đô la) và Việt Nam (44 triệu đô la). Năm 2023, các nước xuất khẩu gạo lứt hàng đầu là Ấn Độ (421 triệu đô la), Pakistan (360 triệu đô la) và Uruguay (164 triệu đô la). Trong cùng năm, các nước nhập khẩu gạo lứt chính là Vương quốc Anh (312 triệu đô la), Bỉ (193 triệu đô la) và Hàn Quốc (184 triệu đô la). Năm 2023, các quốc gia có thặng dư thương mại lớn nhất về gạo lứt là Ấn Độ (421 triệu đô la), Pakistan (360 triệu đô la) và Uruguay (164 triệu đô la). Ngược lại, các quốc gia có thâm hụt thương mại lớn nhất về gạo lứt là Vương quốc Anh ( - 309 triệu đô la), Hàn Quốc ( - 182 triệu đô la) và Bỉ ( - 146 triệu đô la). Năm 2023, các quốc gia mà gạo lứt được xếp hạng cao nhất trong danh mục nhập khẩu của họ là Niger (thứ 8), Lãnh thổ Nam Cực thuộc Pháp (thứ 24) và Togo (thứ 35). Năm 2023, các quốc gia mà gạo, đã tách vỏ (nâu) được xếp hạng cao nhất trong danh mục xuất khẩu của họ là Paraguay (thứ 11), Guyana (thứ 12) và Uruguay (thứ 14) (Sky Quest Technology Consulting., 2025, OEC., 2025).

Năm 2024, Quy mô thị trường gạo lứt toàn cầu được Tập đoàn IMARC ước tính định giá ở mức 10,9 tỷ đô la Mỹ, thị trường này sẽ đạt 15,5 tỷ đô la Mỹ vào năm 2033, với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) là 3,97% trong giai đoạn 2025 - 2033. Khu vực Châu Á - Thái Bình Dương hiện đang thống trị thị trường, nắm giữ thị phần đáng kể hơn 43,2% vào năm 2024. Thị trường đang tăng trưởng vừa phải nhờ ý thức về sức khỏe ngày càng cao, tốc độ đô thị hóa nhanh chóng, sở

thích ăn uống thay đổi và mức thu nhập tăng cao. Các sáng kiến của chính phủ thúc đẩy chế độ ăn uống lành mạnh, cùng với mối lo ngại ngày càng tăng về an toàn thực phẩm và chất lượng là một số yếu tố khác thúc đẩy thị phần gạo lứt (Imarc Group, 2024).

Hiện nay, việc sử dụng gạo lứt ngày càng tăng chịu ảnh hưởng đáng kể từ sự mở rộng kinh doanh của các đại siêu thị và siêu thị. Theo báo cáo tại thị trường Ấn Độ, tính đến năm 2025, Ấn Độ có 66.225 siêu thị, tăng 3,88% so với năm 2023. Các hình thức bán lẻ này cung cấp cho người tiêu dùng nhiều loại thực phẩm, bao gồm cả gạo lứt, và đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về các lựa chọn thực phẩm lành mạnh hơn. Các đại siêu thị và siêu thị không chỉ đảm bảo sẵn hàng hoá mà còn cung cấp giá cả cạnh tranh, giúp gạo lứt dễ tiếp cận với nhiều đối tượng hơn. Khi sở thích của người tiêu dùng chuyển sang ngũ cốc nguyên hạt và lối sống lành mạnh hơn, các cửa hàng bán lẻ này đóng vai trò là kênh phân phối quan trọng, khuyến khích nhiều người hơn kết hợp gạo lứt vào chế độ ăn uống hàng ngày của họ. Nhận thức ngày càng tăng về lợi ích dinh dưỡng của gạo lứt, cùng với sự sẵn có của nó tại các cửa hàng bán lẻ chính thống, đang thúc đẩy sự phổ biến của nó trên khắp khu vực (Imarc Group, 2024; Oec, 2025).

### **2.1.2. Sản xuất và tiêu thụ gạo lứt tại Việt Nam**

Gạo lứt đang dần trở nên phổ biến trên thị trường do người tiêu dùng đã tăng cường nhận thức về sức khỏe (Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, 2022). Người tiêu dùng ngày càng quan tâm đến sức khỏe và lối sống lành mạnh. Gạo lứt, với hàm lượng chất xơ, vitamin và khoáng chất cao hơn gạo trắng, được xem là thực phẩm hỗ trợ giảm cân, kiểm soát đường huyết (hỗ trợ bệnh nhân tiểu đường), và tốt cho tim mạch (Min & cs., 2024; Naya & cs., 2025). Xu hướng ăn kiêng/giảm cân đã khiến nhiều người tiêu dùng lựa chọn gạo lứt để thay thế gạo trắng trong các chế độ ăn kiêng, giảm cân, hoặc theo xu hướng thực dưỡng do gạo lứt giúp no lâu và cải thiện quá trình trao đổi chất (Naseem & Javed, 2020; Rahmadanih & cs., 2020). Bên cạnh đó, nhu cầu tìm kiếm gạo lứt hữu cơ không sử dụng hóa chất độc hại đang ngày càng phổ biến. Điều này thúc đẩy các nhà sản xuất chuyển sang phương pháp canh tác hữu cơ, tạo ra cơ hội cho thị trường sản phẩm chất lượng cao.

**Bảng 2.1. Đặc điểm một số loại gạo lứt nâu trên thị trường tại Việt Nam**

STT	Tên giống	Đặc điểm hạt và cơm	Đối tượng ưu tiên	Thương hiệu tiêu biểu
1	ST25/ST24	Hạt dài, đẹp, khi nấu cơm dẻo mềm, có mùi thơm đặc trưng. Không cần ngâm lâu.	Người mới làm quen với gạo lứt, ăn kiêng nhưng muốn cơm ngon, dẻo.	Gạo lứt ST25 (Hồ Quang Cua), Gạo Lứt Nâu Hữu Cơ Cỏ May (từ giống ST25).
2	Đài Thơm/Lài Miên	Hạt dài, thon, dẻo vừa, có mùi thơm nhẹ. Loại phổ thông, dễ mua.	Tiêu dùng hàng ngày, kinh doanh suất ăn thực dưỡng.	Gạo Lứt Đài Thơm, Gạo Lứt Hữu Cơ Hoa Nắng.
3	Nhóm giống lúa Nhật Bản	Hạt tròn, mẩy, khi nấu dính, dẻo cao, có vị ngọt. Phù hợp với món ăn Nhật, làm sushi.	Người thích cơm dẻo, có độ kết dính, người ăn theo chế độ thực dưỡng.	Gạo Lứt <i>japonica</i> (Orgagro), Gạo Lứt Hokkaido Nanatsuboshi.
4	OM5451	Hạt dài; khi nảy mầm có hàm lượng GABA cao; cơm mềm hơn khi ngâm; phù hợp chế biến gạo lứt mầm.	Người ăn theo chế độ giảm đường huyết, người ưu tiên thực phẩm giàu GABA.	Một số thương hiệu gạo mầm OM5451 (tùy nhà sản xuất).
5	Séng Cù	Hạt mẩy, màu trắng ngà. Cơm thơm, ngọt, dẻo tự nhiên, là đặc sản vùng núi.	Khách hàng tìm kiếm đặc sản vùng miền, gạo có hương vị đậm đà.	Gạo Lứt Séng Cù tại khu vực Tây Bắc

(Nguồn: Thông tin khảo sát thị trường của tác giả từ internet)

Gạo lứt nâu trên thị trường Việt Nam có giá biến động từ 8.108 - 8.750 VNĐ/kg cho loại 1 và 7.857 - 8.050 VNĐ/kg cho loại 2. Tuy nhiên, một số sản phẩm theo hướng hữu cơ hoặc hữu cơ có giá cao hơn, cụ thể từ 30.000 - 60.000 VNĐ/kg. Ngoài gạo thông thường, gạo lứt nâu đang được sử dụng để chế biến các sản phẩm mì, bún, phở (Hong & cs., 2023).

Báo cáo của Bộ Công Thương cho thấy năm 2024 đánh dấu một cột mốc quan trọng của ngành lúa gạo Việt Nam, với sản lượng và giá trị xuất khẩu đều đạt mức kỷ lục, qua đó giúp Việt Nam tiếp tục duy trì vị thế trong nhóm ba quốc gia xuất khẩu gạo lớn nhất thế giới. Tổng lượng gạo xuất khẩu đạt trên 9,0 triệu tấn,

tương đương 5,67 tỷ USD, không chỉ góp phần tiêu thụ thóc, gạo hàng hóa mà còn bảo đảm lợi ích kinh tế trực tiếp cho người sản xuất lúa (Bộ Công Thương, 2025). Dưới tác động tích cực của các hiệp định thương mại thế hệ mới như EVFTA (Hiệp định Thương mại tự do Việt Nam - Liên minh Kinh tế Á - Âu) và UKVFTA, các doanh nghiệp xuất khẩu gạo đã tận dụng hiệu quả các ưu đãi về thuế quan và tiếp cận thị trường, qua đó mở rộng quy mô và phạm vi xuất khẩu. Gạo Việt Nam ngày càng khẳng định uy tín về chất lượng và thương hiệu trên thị trường quốc tế, đáp ứng tốt các yêu cầu ngày càng khắt khe về vệ sinh an toàn thực phẩm và tiêu chuẩn kỹ thuật. Nhu cầu nhập khẩu tăng mạnh từ các thị trường truyền thống và trọng điểm như Philippines, Indonesia và Malaysia đã tạo động lực quan trọng thúc đẩy tăng trưởng xuất khẩu gạo trong năm 2024. Đồng thời, cơ cấu thị trường xuất khẩu tiếp tục có sự dịch chuyển theo hướng đa dạng hóa, mở rộng sang các thị trường mới và giàu tiềm năng tại châu Âu và châu Úc, nơi khối lượng xuất khẩu còn khiêm tốn nhưng mang lại giá trị gia tăng cao (Tổng cục Thống kê, 2025).

**Bảng 2.2. Một số sản phẩm chế biến từ gạo lứt tại Việt Nam**

<b>Tên sản phẩm</b>	<b>Đặc điểm nổi bật</b>	<b>Thương hiệu tiêu biểu</b>	<b>Công dụng</b>
Bún Gạo Lứt Nâu	Dạng sợi tròn, nhỏ, thường khô và cần luộc. Có màu nâu nhạt đặc trưng của cám.	Safimex, Bích Chi, Mộc Việt, Mikiri	Thay thế bún gạo trắng trong các món bún bò, bún riêu, bún trộn, bún xào.
Phở Gạo Lứt Nâu	Dạng sợi dẹt, to, dai, thường có độ trong sau khi luộc.	Bích Chi, Safimex, Green Food, Organic House	Thay thế phở trắng trong món phở nước truyền thống, phở khô, phở cuốn.
Mì Gạo Lứt Nâu	Dạng sợi mì tròn hoặc dẹt, dai hơn bún và phở, có thể có hình dạng giống mì Ý (Spaghetti) hoặc hủ tiếu.	Hebekery; Food; APC Group; Doha Food; Bà Bầy/ Lotus.	Thay thế mì gói, mì Ý trong các món xào, món nước. Rất phổ biến trong chế độ Eat Clean.
Sữa gạo lứt	Giàu chất xơ, vitamin & Khoáng chất, chất chống oxy hóa, ít chất béo, không gluten, không lactose. Tốt cho tim mạch.	VNM Zori, TH True Rice, Woongjin. Ojita, Balance Organic, Riso Scotti, TH True Rice, CG Food, Life's Food.	Hỗ trợ giảm cân, cải thiện tiêu hóa, tăng cường sức đề kháng, bảo vệ tim mạch, làm đẹp da và hỗ trợ hệ thần kinh.

(Nguồn: Thông tin khảo sát thị trường của tác giả từ internet)

Xu hướng tập trung vào các dòng gạo có giá trị cao, phù hợp với nhu cầu thị trường và lợi thế cạnh tranh của Việt Nam được duy trì ổn định, trong đó các sản phẩm như gạo thơm, các dòng ST, gạo trắng cao cấp và gạo *japonica* ngày càng được ưa chuộng, với giá xuất khẩu của một số chủng loại đạt mức cao nhất trong vòng mười năm qua. Đặc biệt, gạo thơm ghi nhận tốc độ tăng trưởng vượt trội so với các năm trước, phản ánh sự phù hợp của nhóm sản phẩm này với nhu cầu đa dạng của thị trường quốc tế. Ngược lại, xuất khẩu gạo nếp và tấm nếp suy giảm đáng kể do nhu cầu từ Trung Quốc - thị trường nhập khẩu chủ lực của các mặt hàng này - giảm mạnh (Bộ Công Thương, 2025).

Theo số liệu của Tổng cục thống kê, tổng diện tích gieo cấy lúa năm 2024 đạt 7,09 triệu ha, cho sản lượng 43,4 triệu tấn thóc, giảm khoảng 35 nghìn tấn so với năm 2023. Sau khi trừ tiêu dùng nội địa, lượng thóc hàng hóa phục vụ xuất khẩu của cả nước, chủ yếu tập trung tại các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long, đạt khoảng 15,2 triệu tấn thóc, tương đương 7,6 triệu tấn gạo hàng hóa. Trong cơ cấu này, nhóm gạo chất lượng cao chiếm khoảng 3,2 triệu tấn, gạo thơm và đặc sản đạt 2,5 triệu tấn, gạo chất lượng trung bình đạt 1,15 triệu tấn và gạo nếp đạt 0,75 triệu tấn. Số liệu của Cục Hải quan cho thấy tổng lượng gạo xuất khẩu năm 2024 đạt 9,0 triệu tấn với trị giá 5,67 tỷ USD, giá xuất khẩu bình quân đạt 627,19 USD/tấn, tăng lần lượt 11,1% về khối lượng và 21,2% về giá trị so với năm 2023; giá xuất khẩu bình quân tăng thêm 52,18 USD/tấn. Philippines tiếp tục là thị trường nhập khẩu lớn nhất của Việt Nam với 4,22 triệu tấn, tăng 34,67% so với năm 2023 và chiếm 46,7% tổng lượng gạo xuất khẩu. Indonesia đứng thứ hai với hơn 1,26 triệu tấn, tăng 7,8% và chiếm 13,9%, tiếp theo là Malaysia với khoảng 0,72 triệu tấn, tăng 81,4% và chiếm gần 8,0% tổng lượng xuất khẩu. Cơ cấu chủng loại gạo xuất khẩu tiếp tục phát triển phù hợp với định hướng của Chiến lược phát triển thị trường xuất khẩu gạo đến năm 2030 theo Quyết định số 583/QĐ - TTg ngày 26/5/2023 của Thủ tướng Chính phủ, trong đó gạo thơm chiếm khoảng 40,8% tổng lượng xuất khẩu, tăng 16,4% so với năm 2023, và gạo trắng các loại chiếm 39,8%, tăng 20,4%; phần còn lại bao gồm gạo nếp, tấm và các loại gạo khác (Tổng cục Thống kê, 2025).

Trong khi đó, phân khúc xuất nhập khẩu gạo lứt hiện vẫn chưa được thống kê một cách độc lập mà thường được gộp chung vào nhóm gạo chất lượng cao hoặc các sản phẩm ngũ cốc theo mã HS, trong đó mã HS 100620 áp dụng cho gạo lứt nói chung, mã 10062010 cho gạo Hom Mali và mã 10062090 cho các loại gạo lứt khác. Việc thiếu phân tách rõ ràng trong hệ thống thống kê đã gây khó khăn



cho việc đánh giá chính xác quy mô và tiềm năng thị trường gạo lứt. Dữ liệu tại thị trường Singapore cho thấy giá trị nhập khẩu gạo lứt từ Việt Nam năm 2024 chỉ đạt khoảng 322.000 SGD, giảm 34,29% so với năm 2023, phản ánh những hạn chế trong phát triển và định vị sản phẩm gạo lứt Việt Nam tại các thị trường cao cấp (Thương vụ Việt Nam Tại Singapore, 2025).

Bên cạnh các báo cáo thị trường, nhiều nghiên cứu khoa học đã chỉ ra rằng xu hướng gia tăng tiêu thụ gạo lứt trên thế giới có mối liên hệ chặt chẽ với giá trị dinh dưỡng vượt trội và các đặc tính chức năng của gạo lứt so với gạo xay xát trắng, đặc biệt là hàm lượng chất xơ, hợp chất phenolic và các chất chống oxy hóa tự nhiên.

## **2.2. ĐẶC ĐIỂM CỦA GẠO LỨT**

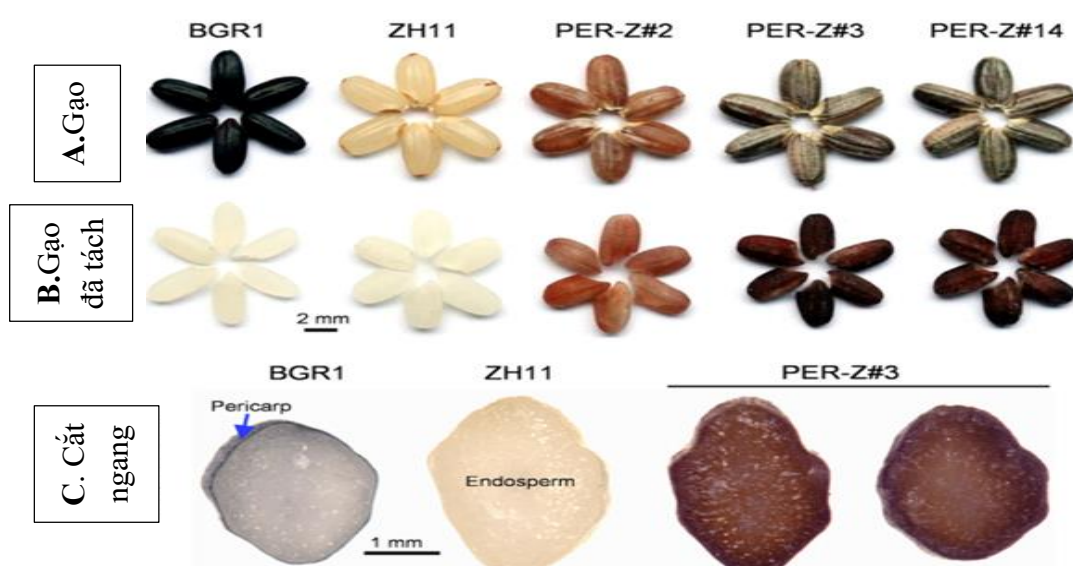
Hạt gạo gồm ba phần chính là nội nhũ, lớp cám (bao gồm aleurone) và phôi. Trong đó, nội nhũ chủ yếu chứa tinh bột, còn lớp cám và phôi là nơi tập trung phần lớn các hợp chất dinh dưỡng và hoạt chất sinh học của gạo lứt (Goufo & Trindade, 2014; Juliano & Tuesta, 2019). Lớp aleurone nằm giữa nội nhũ và vỏ hạt, đóng vai trò quan trọng trong tích lũy protein, lipid và khoáng; số lớp tế bào aleurone có thể ảnh hưởng trực tiếp đến hàm lượng lipid và các hợp chất chống oxy hóa trong hạt (Khin & cs., 2015; Ohn & cs., 2010). Phôi gạo là mô sống giàu enzyme, lipid và vitamin, có vai trò quan trọng trong quá trình nảy mầm và quyết định một phần giá trị dinh dưỡng của gạo lứt. Các nghiên cứu cho thấy các dòng lúa có phôi lớn thường tích lũy nhiều lipid và hợp chất lipophilic hơn so với các giống thông thường (Bo & cs., 2020; Ming & cs., 2019). Đồng thời, những biến dị di truyền làm tăng số lớp aleurone hoặc kích thích phôi có thể mở rộng khả năng tích lũy vi chất trong hạt và được xem là hướng tiềm năng trong chọn giống nhằm nâng cao giá trị dinh dưỡng của gạo lứt (Ronald & cs., 2021; Sakata & cs., 2016).

### **2.2.1. Đặc điểm hình thái, cấu tạo và giá trị dinh dưỡng của gạo lứt**

#### **2.2.1.1. Hình thái hạt gạo**

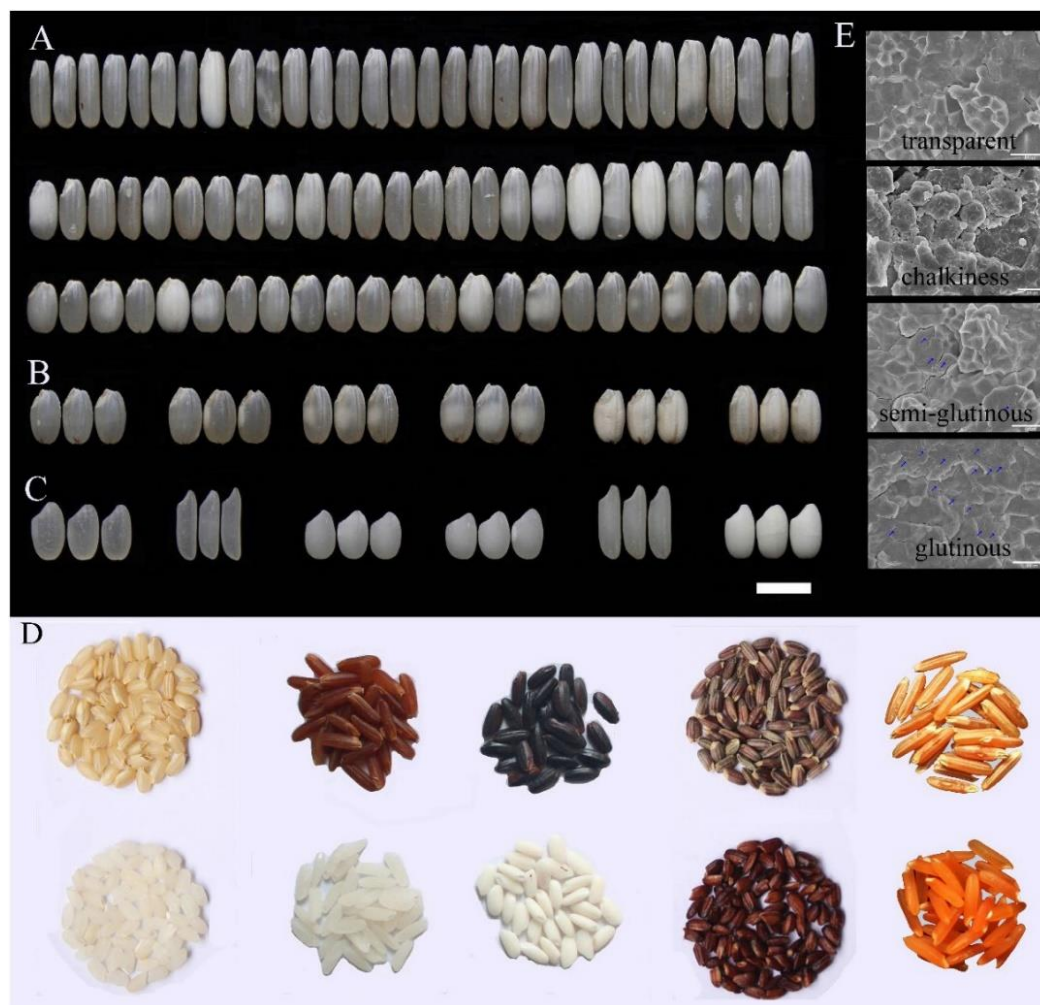
Về mặt giải phẫu, hạt lúa (thóc) bao gồm lớp vỏ trấu bảo vệ bên ngoài và phần hạt bên trong. Sau khi loại bỏ vỏ trấu, phần còn lại là gạo lứt, được cấu tạo bởi các lớp vỏ lụa (aleurone), phôi và nội nhũ. Nội nhũ chiếm vị trí trung tâm và là kho dự trữ tinh bột chủ yếu của hạt. Vỏ trấu chiếm khoảng 20% khối lượng thóc, với biên độ dao động từ 16 - 28% tùy thuộc vào giống. Trong thành phần khối lượng của gạo lứt, lớp vỏ lụa chiếm khoảng 5 - 8%, phôi khoảng 2 - 3%, trong khi nội nhũ chiếm tỷ lệ áp đảo, đạt 90 - 91% khối lượng hạt (Juliano & Tuesta, 2019).

Hình thái hạt gạo được xem là một trong những yếu tố quyết định hiệu quả chế biến và chất lượng sản phẩm gạo ở quy mô công nghiệp, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến mức độ chấp nhận của thị trường tiêu dùng. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh mối liên hệ chặt chẽ giữa các chỉ tiêu hình thái hạt với chất lượng xay xát, đặc tính nấu và cảm quan thực phẩm (Ahmed & cs., 2019). Chiều dài, chiều rộng và độ dày hạt gạo lứt là các chỉ tiêu hình thái quan trọng phản ánh đặc điểm di truyền và giá trị sử dụng của giống lúa. Các nghiên cứu đã ghi nhận chiều dài hạt thường dao động khoảng 6,48-6,77 mm, đồng thời biến động đáng kể về chiều rộng và độ dày giữa các kiểu gen (Rezk & cs., 2024). Ở phạm vi rộng hơn, kích thước hạt có thể biến thiên khoảng 5-7 mm đối với chiều dài, phản ánh sự đa dạng kiểu hình và chịu sự chi phối của nhiều locus định lượng liên quan đến phát triển hạt (Ponce & cs., 2020). Sự sai khác này là cơ sở để phân nhóm giống theo dạng hạt và phục vụ định hướng chọn giống, chế biến. Tương tự, Shittu & cs (2009) ghi nhận sự biến thiên hình thái rộng ở các giống lúa cải tiến, với chiều dài hạt từ 6,87 - 7,76 mm, chiều rộng từ 2,46 - 2,90 mm và độ dày từ 1,82 - 2,05 mm. Trọng lượng 1.000 hạt dao động trong khoảng 25,42 - 33,85 g, trong khi khối lượng riêng biểu kiến và khối lượng riêng thực lần lượt đạt 0,83 - 0,87 g/cm<sup>3</sup> và 1,41 - 1,57 g/cm<sup>3</sup>. Các biến dị hình thái này được ghi nhận rõ rệt giữa các vùng địa lý khác nhau trên thế giới và có tác động trực tiếp đến khả năng chấp nhận của người tiêu dùng cũng như yêu cầu kỹ thuật của ngành công nghiệp chế biến gạo (Shittu & cs., 2009).



**Hình 2.1. Màu sắc gạo lứt (A), gạo xay (B), và mặt cắt ngang (C) hạt gạo của một số mẫu giống lúa**

Nguồn: Zhu & cs. (2017)



**Hình 2.2. Màu sắc gạo lứt (A), gạo xát (B), và mặt cắt ngang (D) hạt gạo của một số mẫu giống lúa**

Nguồn: Zhao & cs. (2022)

Bên cạnh kích thước và hình dạng, màu sắc gạo lứt cũng thể hiện sự đa dạng đáng kể giữa các giống, từ nâu nhạt đến nâu sẫm, đỏ sậm hoặc gần như đen, đặc biệt phổ biến ở các giống lúa trồng tại vùng cao và khu vực đồi núi. Nhiều giống gạo lứt có lớp vỏ sẫm màu được ghi nhận là giàu các hợp chất sinh học có hoạt tính chức năng. Trong hành vi tiêu dùng, màu sắc hạt gạo là một chỉ tiêu vật lý quan trọng chi phối quyết định lựa chọn sản phẩm, do người tiêu dùng thường liên hệ trực tiếp màu sắc với giá trị dinh dưỡng và lợi ích sức khỏe. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng gạo lứt có màu là nguồn phong phú các hợp chất phenolic và chất chống oxy hóa mạnh, góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng và tiềm năng ứng dụng trong thực phẩm chức năng (Sompong & cs., 2019).

Các nghiên cứu GWAS gần đây đã xác định nhiều *QTL* liên quan đến kích thước, hình dạng và khối lượng hạt lúa, cung cấp cơ sở di truyền cho việc cải tiến các tính trạng hình thái phục vụ mục tiêu chế biến và thương mại (Nkulu & cs., 2023).

#### **2.2.1.2. Đặc điểm phôi hạt gạo**

Phôi hạt gạo nằm ở mặt bụng của hạt, chủ yếu gồm lớp scutellum và trục phôi, trong đó scutellum đóng vai trò như mô dẫn trung gian, điều phối sự vận chuyển chất dinh dưỡng giữa nội nhũ và phôi. Gạo có phôi không lồ ngày càng được quan tâm do phù hợp với xu hướng tiêu dùng thực phẩm lành mạnh và giá trị dinh dưỡng cao. Các nghiên cứu di truyền phân tử đã xác định gen *large embryo (le)* là yếu tố quyết định kích thước phôi trong hạt lúa. Đột biến tại locus này làm tăng đáng kể kích thước phôi và kéo theo sự gia tăng hàm lượng lipid, vitamin và các hợp chất chống oxy hóa trong gạo lứt (Gileung & cs., 2019; Ming & cs., 2019). Các giống lúa phôi khổng lồ và các sản phẩm chế biến từ chúng đã được ứng dụng rộng rãi trong thực phẩm, y học và các sản phẩm chăm sóc sức khỏe, qua đó thể hiện ý nghĩa khoa học và giá trị kinh tế đáng kể. Nhờ hàm lượng dinh dưỡng đặc thù, đặc điểm nông học và tiềm năng phát triển sản phẩm, lúa phôi khổng lồ được xem là một trong những nhóm lúa chức năng có triển vọng trong tương lai (Peng & cs., 2020).

So với các giống lúa trồng thông thường, lúa phôi khổng lồ có sự gia tăng đáng kể về hàm lượng axit amin, với tổng hàm lượng 17 loại axit amin tăng từ 4,77 - 37,09% và tổng axit amin thiết yếu tăng từ 2,52 - 35,62%. Đồng thời, thành phần khoáng chất trong hạt cũng phong phú và đa dạng hơn. Đáng chú ý, hàm lượng GABA trong gạo lứt từ lúa phôi khổng lồ tăng trung bình 286,58%. Trọng lượng phôi tương đối có mối tương quan dương với hàm lượng hầu hết các chất dinh dưỡng, cho thấy khi kích thước phôi tăng, giá trị dinh dưỡng tổng thể của hạt gạo cũng gia tăng. Trong các đột biến phôi khổng lồ, hàm lượng GABA trong gạo lứt tăng lần lượt 150%, 400% và 850% tương ứng với sự gia tăng kích thước phôi theo thứ tự *le* (phôi to) < *ge* (phôi khổng lồ) < *ges* (phôi siêu khổng lồ) (Peng & cs., 2020).

#### **2.2.1.3. Vỏ cám**

Lớp vỏ cám là lớp mô nằm giữa vỏ trấu và nội nhũ, bao gồm pericarp, testa, lớp aleurone và phôi; đây là phân tập trung phần lớn lipid, protein, vitamin và các hợp chất sinh học của hạt lúa, do đó đóng vai trò quyết định giá trị dinh dưỡng của

gạo lứt (Patel & Naik, 2004). Đây là phần giàu dinh dưỡng nhất của hạt lúa, chứa nhiều lipid, protein, vitamin nhóm B, khoáng và các hợp chất sinh học như  $\gamma$ -oryzanol và polyphenol, có vai trò quyết định giá trị dinh dưỡng và hoạt tính chống oxy hóa của gạo lứt, cung cấp khoảng 40% tổng khoáng, 90% photpho, 50% niacin, 50% lipids và xấp xỉ 50% hợp chất phenolic của toàn hạt. Aleurone - lớp tế bào ngoài cùng của nội nhũ - cùng với phôi quyết định giá trị dinh dưỡng của cám, chiếm hơn 66% khối lượng cám và có cấu trúc, chức năng khác biệt rõ với nội nhũ giàu tinh bột (Xiao & cs., 2016). Số lớp aleurone liên quan trực tiếp đến tích lũy vi chất thiết yếu như Fe và Zn (Ronald & cs., 2021). Ở cấp độ phân tử, sự phát triển và chức năng của lớp aleurone chịu sự điều hòa của nhiều gen đặc hiệu. Yếu tố phiên mã *OsNF-YB1* được biểu hiện đặc thù tại aleurone và đóng vai trò quan trọng trong vận chuyển sucrose và quá trình tích lũy vật chất trong nội nhũ (Jing & cs., 2016). Bên cạnh đó, các nghiên cứu lập bản đồ *QTL* cũng cho thấy nhiều locus di truyền liên quan trực tiếp đến độ dày lớp aleurone và hàm lượng lipid trong cám gạo (Ohn & cs., 2010).

Đột biến aleurone dày (*ta2-1*) do biến đổi tại intron 14 của *OsROS1* làm xuất hiện 4 - 8 lớp aleurone, thậm chí tới 10 lớp ở một số vùng, so với một lớp ở kiểu hoang dã; đi kèm là gia tăng protein, lipids, tinh bột, khoáng, chất xơ, chất chống oxy hóa và vitamin, dù mức tăng vi khoáng không hoàn toàn tỷ lệ thuận với độ dày mô (Ronald & cs., 2021). Thành phần lipids cũng tái cấu trúc đáng kể: TAG tăng 79%, phosphatidylcholine tăng 97%, acid oleic tăng 32%, trong khi linoleic và palmitic giảm lần lượt 22% và 5% (Ronald & cs., 2021). Về phân bố mô, lipids tập trung chủ yếu ở phôi và cám; gạo lứt chứa 2,0 - 3,5% lipids nhưng chỉ còn 0,3 - 0,6% sau xay xát (Juliano & Tuesta, 2019), trong đó TAG,  $\gamma$ -oryzanol và tocopherol tập trung ở aleurone và phôi (Madhumita & Naik, 2004).

Ở cấp độ tế bào và phân tử, aleurone là mô sống giàu ty thể và thể dầu; tăng số lớp đồng nghĩa mở rộng “dung lượng sinh hóa” tổng hợp và tích lũy TAG. Gen *Ta-1/mtssb1* mã hóa protein mtSSB duy trì ổn định bộ gen ty thể; đột biến làm thay đổi trạng thái năng lượng và tái lập trình phân hóa nội nhũ theo hướng tăng lớp aleurone và tích lũy lipids (Li & cs., 2021). FLO26 cùng locus với *mtssb1* tham gia sao chép và cắt nối RNA ty thể; rối loạn quá trình này làm suy giảm ATP và điều hòa tăng lớp aleurone (Teng & cs., 2024). Do lipids và tinh bột cạnh tranh tiền chất carbon chung, chiến lược kết hợp *mtssb1*, tăng *AtDGAT1* và bất hoạt *AGPL2* đã nâng hàm lượng dầu từ 2% lên gần 12% khối lượng hạt (McGuire &

cs., 2025), khẳng định vai trò quyết định của mô aleurone trong tích lũy lipids. Tổng thể, làm dày vỏ lụa là hướng tiếp cận có cơ sở giải phẫu - sinh lý - phân tử rõ ràng nhằm nâng cao hàm lượng lipids và giá trị dinh dưỡng - công nghiệp của hạt lúa.

#### **2.2.1.4. Nội nhũ**

Nội nhũ hạt gạo được cấu thành bởi hai mô chính gồm nội nhũ chứa tinh bột ở trung tâm và lớp aleurone bao quanh nội nhũ và phôi. Các mô có nguồn gốc từ mô mẹ ở lớp ngoài, bao gồm vỏ quả, vỏ hạt và nucellus, đảm nhiệm chức năng bảo vệ và hỗ trợ sự phát triển của hạt (Juliano & Tiaño, 2019). Trong quá trình chế biến, gạo lứt được xay xát nhằm tạo ra gạo xay hoặc gạo đánh bóng theo nhu cầu tiêu dùng. Mức độ xay xát có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng và giá trị dinh dưỡng của gạo thông qua việc loại bỏ phôi, lớp aleurone và thậm chí một phần nội nhũ giàu tinh bột. Phần hạt còn lại sau xay xát chủ yếu là nội nhũ, giàu tinh bột và protein, do đó các đặc tính lý hóa của nội nhũ trở thành yếu tố then chốt chi phối chất lượng sử dụng cuối cùng của gạo. Tuy nhiên, cấu trúc, thành phần và kích thước của nội nhũ chịu sự điều hòa mạnh mẽ bởi tương tác với các mô lân cận, đặc biệt là phôi, trong suốt quá trình phát triển hạt (Ingram, 2020). Các nghiên cứu gần đây cho thấy sự giao tiếp sinh lý giữa phôi và nội nhũ được điều phối bởi mạng lưới tín hiệu hormone, chất vận chuyển và điều hòa gen phức tạp, trong đó vùng tiếp giáp phôi - nội nhũ đóng vai trò trung tâm trong việc đồng bộ hóa quá trình phát triển của toàn bộ hạt (Lu & cs., 2020; Nicolas & cs., 2020).

Chất lượng gạo được đánh giá thông qua nhiều chỉ tiêu như cấu trúc hạt, thành phần hóa học và đặc tính nấu ăn, phản ánh sự tương tác giữa kiểu gen và điều kiện môi trường (Jawaria & cs., 2023; Noreen & cs., 2022). Xét trên phương diện vật lý và hóa học, chất lượng gạo thường được đánh giá thông qua các đặc tính của nội nhũ giàu tinh bột, nơi tập trung các hạt tinh bột và protein. Phần lớn các nghiên cứu về chất lượng gạo đều tập trung vào nội nhũ và chỉ ra rằng quá trình chuyển hóa carbon và nitrogen, cũng như sự phối hợp giữa hai dòng chuyển hóa này, là cơ sở hình thành các tính trạng quan trọng như độ bạc bụng và chất lượng ăn. Những biến đổi trong tích lũy và tổ chức vi cấu trúc của tinh bột và protein trong nội nhũ có thể dẫn đến sự khác biệt đáng kể về tính chất nấu và cảm quan của gạo thành phẩm. Sự hình thành vùng bạc bụng liên quan chặt chẽ đến sự sắp xếp lỏng lẻo của các hạt tinh bột và sự phân bố không đồng đều của protein trong nội nhũ (Zhao & cs., 2016). Hiện tượng này cũng thường xuất hiện ở các

dòng lúa phôi lớn do sự thay đổi trong quá trình tích lũy vật chất của nội nhũ (Peng & cs., 2020).

Nội nhũ không chỉ đóng vai trò là nguồn dự trữ dinh dưỡng cho sự phát triển của phôi mà còn tạo ra các rào cản vật lý và sinh lý có thể hạn chế mức độ sinh trưởng của phôi. Sự phụ thuộc chặt chẽ của phôi vào nội nhũ đã được minh chứng thông qua các thí nghiệm thụ tinh dị hợp ở ngô, cho thấy mối quan hệ di truyền giữa nội nhũ và phôi có thể kiểm soát và giới hạn lượng tài nguyên được phân bổ cho phôi trong quá trình phát triển hạt (Xiao & cs., 2016). Cơ chế tương tác này phản ánh vai trò trung tâm của nội nhũ trong việc điều hòa cân bằng giữa tích lũy dự trữ và phát triển phôi, qua đó quyết định đồng thời năng suất và chất lượng hạt.

#### ***2.2.1.5. Mối quan hệ giữa phôi, nội nhũ và lớp aleurone trong hạt lúa***

Trong hạt lúa, phôi - nội nhũ - aleurone tạo thành một hệ thống tích hợp, liên kết qua vận chuyển dinh dưỡng, tín hiệu hormone và điều hòa gen. Sau thụ tinh kép, hai mô phát triển theo chương trình riêng nhưng phụ thuộc lẫn nhau; aleurone đóng vai trò mô trung gian điều tiết tương tác phôi - nội nhũ (Peng & cs., 2020; Ingram, 2020). Do phôi và nội nhũ sớm bị phân lập đồng sinh, trao đổi chủ yếu diễn ra theo con đường apoplastic thông qua chất vận chuyển màng, enzyme thủy phân và hormone (Zhao & cs., 2022). Khoảng 8 ngày sau thụ tinh, nội nhũ trở thành nguồn cung cấp dinh dưỡng gần như duy nhất cho phôi (Xiao & cs., 2016).

Aleurone là mô sống giàu enzyme, lipids và khoáng, hoạt động như “cổng sinh lý” điều tiết huy động dinh dưỡng thông qua đáp ứng với gibberellin và abscisic acid (Khin & cs., 2015). Đồng thời, phôi không chỉ thụ hưởng mà còn điều hòa ngược sự tích lũy tinh bột và protein của nội nhũ thông qua tín hiệu hormone và điều hòa chuyển hóa C - N (Xiao & cs., 2016). Ở cấp độ hệ thống, phối hợp biểu hiện gen giữa ba mô gắn với trục T6P - SnRK1 kiểm soát trạng thái năng lượng và phân bổ carbon (Zhao & cs., 2022), khẳng định vai trò điều tiết phát triển của aleurone (Xiao & cs., 2016). Vì vậy, thay đổi số lớp aleurone không chỉ ảnh hưởng hàm lượng lipids và vi chất mà còn tái cấu trúc mạng điều hòa hormone và gen của toàn hạt.

So sánh di truyền - hình thái cho thấy giống cải tiến thường ưu tiên nội nhũ lớn, giàu tinh bột nhằm tối đa hóa năng suất và tỷ lệ xay xát, với biểu hiện mạnh các gen tổng hợp tinh bột và protein dự trữ, trong khi tỷ lệ phôi và aleurone tương đối giảm. Ngược lại, nhiều giống bản địa, đặc biệt nhóm nếp, duy trì phôi lớn và

aleurone dày hơn, làm tăng tích lũy lipids, GABA và hợp chất phenolic, đồng thời điều chỉnh ngược chuyển hóa nội nhũ (Peng & cs., 2020). Sự khác biệt này phản ánh hai chiến lược chọn lọc: tối ưu hóa năng suất - chế biến ở giống cải tiến so với ưu tiên giá trị dinh dưỡng - cảm quan ở giống bản địa (Juliano & Tuesta, 2019). Việc tích hợp các đặc điểm phôi to hoặc aleurone dày vào nền di truyền năng suất cao là hướng tiếp cận khả thi để đồng tối ưu hóa chất lượng dinh dưỡng và hiệu quả sản xuất.

#### **2.2.1.6. Nghiên cứu về đa dạng di truyền ở lúa**

Trong nghiên cứu đa dạng di truyền cây lúa (*Oryza sativa* L.), chỉ thị phân tử SSR được sử dụng rộng rãi để đánh giá mức độ biến dị di truyền và mối quan hệ giữa các nguồn gen. Nhiều nghiên cứu cho thấy hệ thống marker SSR có khả năng phát hiện số lượng alen đa hình lớn và phản ánh rõ cấu trúc di truyền của các tập đoàn giống lúa. Trong các tập đoàn nguồn gen quy mô trung bình đến lớn, số alen thường dao động 3 - 6 alen/locus, giá trị đa dạng gen 0,40 - 0,70 và chỉ số đa hình thông tin PIC có thể vượt 0,80 ở các locus có tính đa hình cao (Oladosu & cs., 2017; Hoque & cs., 2021; Singh & cs., 2024). Các nghiên cứu gần đây cũng cho thấy dữ liệu SSR có thể phát hiện hàng trăm alen đa hình và phân chia quần thể thành nhiều nhóm di truyền phản ánh nguồn gốc và lịch sử lai tạo của các giống lúa (Li & cs., 2024; Nivedha & cs., 2024; Kumari & cs., 2025).

Khi kết hợp dữ liệu SSR với phân tích đa biến, đặc biệt là PCA và cây phân nhóm UPGMA, cấu trúc di truyền của các tập đoàn giống lúa được mô tả rõ ràng. PCA thường giải thích khoảng 60 - 75% tổng biến dị di truyền và thể hiện sự phân bố các nguồn gen thành những cụm di truyền rõ rệt, trong khi UPGMA dựa trên khoảng cách di truyền giúp phân tách các giống theo nguồn gốc địa lý, nền tảng di truyền và lịch sử chọn giống (Singh & cs., 2024; Zhang & cs., 2023). Các phân tích này cũng thường phân biệt hai phân loài chính của lúa là indica và japonica, đồng thời làm rõ mối quan hệ giữa các giống địa phương và các giống cải tiến (Li & cs., 2024; Nivedha & cs., 2024; Kumari & cs., 2025).

Tại châu Á, trung tâm phát sinh và đa dạng di truyền của cây lúa, các nghiên cứu SSR ghi nhận mức biến dị di truyền đáng kể trong các tập đoàn lúa địa phương. Phân tích các nguồn gen ở Nam Á và Đông Nam Á thường phát hiện 2 - 7 alen/locus, nhiều marker có PIC trên 0,70, và các nguồn gen được phân chia thành nhiều cụm di truyền phản ánh sự khác biệt giữa các giống địa phương và



các dòng cải tiến (Chen & cs., 2022, Nivedha & cs., 2024; Kumari & cs., 2025). Những kết quả này cho thấy các giống lúa truyền thống vẫn duy trì nền tảng di truyền rộng và là nguồn vật liệu quan trọng cho các chương trình chọn giống lúa năng suất và chất lượng cao.

Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu cũng đã sử dụng SSR kết hợp với PCA và UPGMA để đánh giá đa dạng di truyền của các giống lúa địa phương. Phân tích 75 dòng lúa bằng 22 cặp mồi SSR đã phát hiện 90 alen đa hình, với 2 - 8 alen/locus và trung bình 4,09 alen/locus, phản ánh mức đa dạng di truyền đáng kể của tập đoàn nghiên cứu (Nguyễn Thị Huyền & cs., 2013). Các nghiên cứu trên tập đoàn lúa địa phương Đồng bằng sông Cửu Long sử dụng khoảng 50 marker SSR cũng cho thấy các giống lúa được phân chia thành nhiều nhóm di truyền khác nhau khi phân tích bằng PCA và UPGMA (Nguyễn Đức Thành & cs., 2019; Nguyễn Văn Phúc & cs., 2021).

Đối với lúa nếp bản địa vùng miền núi phía Bắc, đặc biệt khu vực Tây Bắc Việt Nam, các nghiên cứu SSR cũng ghi nhận mức đa dạng di truyền đáng kể. Phân tích 42 mẫu giống lúa nếp bằng 38 marker SSR đã phát hiện 106 alen đa hình với trung bình 3,03 alen/locus và PIC khoảng 0,50 (Đoàn Thanh Quỳnh & cs., 2016). Phân tích PCA và UPGMA cho thấy các giống nếp địa phương được phân chia thành nhiều nhóm di truyền khác nhau dựa trên hệ số tương đồng DNA. Nghiên cứu trên các giống lúa địa phương Lào Cai sử dụng 36 marker SSR cũng ghi nhận nhiều nhóm di truyền phản ánh sự phân hóa theo vùng sinh thái (Trần Danh Sứ & cs., 2021).

Tuy nhiên, các nghiên cứu chuyên sâu về nguồn gen lúa nếp bản địa vùng Tây Bắc vẫn còn hạn chế. Vì vậy, việc đánh giá đa dạng di truyền bằng SSR kết hợp PCA và UPGMA đối với nguồn gen lúa nếp bản địa Tây Bắc có ý nghĩa quan trọng trong việc làm rõ cấu trúc di truyền, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho bảo tồn và khai thác nguồn gen phục vụ chọn tạo các giống lúa chất lượng cao thích nghi với điều kiện sinh thái của khu vực.

## **2.2.2. Giá trị dinh dưỡng của gạo lứt**

### **2.2.2.1. Lipids**

Lipids là hợp phần sinh hóa quan trọng của gạo lứt, tập trung chủ yếu ở lớp cám và phôi, trong đó riêng cám gạo có thể chứa khoảng 20% lipids tính theo chất khô. Trong khi đó, gạo trắng sau xay xát chỉ còn khoảng 1,5 - 1,7% lipids do phần

lớn lớp cám đã bị loại bỏ (Juliano & Tuesta, 2019; Madhumita & Naik, 2004; Kun & cs., 2024). Ở cấp độ mô học, lipids tồn tại dưới dạng thể dầu phân bố dày đặc trong các tế bào aleurone và phôi, cho thấy mối liên hệ chặt chẽ giữa quá trình tích lũy lipids và sự phát triển của các mô giàu dinh dưỡng trong hạt.

Thành phần acid béo của gạo lứt chủ yếu là acid béo không no, trong đó acid linoleic chiếm khoảng 29 - 42%, acid oleic và palmitic là các cấu tử quan trọng, trong khi acid linolenic chiếm tỷ lệ thấp hơn. Thành phần và tỷ lệ các acid béo này có thể thay đổi tùy theo kiểu gen và điều kiện môi trường, đặc biệt là nhiệt độ trong giai đoạn tích lũy chất khô của hạt (Juliano & Tuesta, 2019). Ngoài lipids dự trữ, gạo lứt còn chứa các lipids liên kết với tinh bột tạo thành phức amylose - lipids, góp phần ổn định cấu trúc tinh bột và hạn chế quá trình oxy hóa trong quá trình bảo quản.

Sự tích lũy lipids trong hạt có mối liên hệ chặt chẽ với cấu trúc phôi và độ dày lớp aleurone. Các giống lúa có phôi lớn hoặc aleurone dày thường tích lũy lipids và các hợp chất chống oxy hóa cao hơn so với các giống có cấu trúc hạt nhỏ hơn (Nga & cs., 2023). Ngoài ra, khác biệt về lipids giữa các nhóm giống cũng phản ánh nền di truyền và định hướng chọn giống, trong đó nhiều giống japonica có xu hướng tích lũy lipids cao hơn so với indica (Juliano & Tuesta, 2019; Peng & cs., 2020).

Bên cạnh đó, gạo lứt chứa nhiều hợp chất phytochemical quan trọng như phenolic, flavonoid,  $\gamma$ -oryzanol và tocopherol, góp phần tạo nên giá trị dinh dưỡng và hoạt tính sinh học của sản phẩm (Keneswary & cs., 2018; Naseem & Javed, 2020; Mónica del Rocio & cs., 2025).

#### **2.2.2.2. $\gamma$ - Oryzanol**

Gạo lứt được xem là nguồn thực phẩm giàu các hợp chất chống oxy hóa tự nhiên, trong đó  $\gamma$ -oryzanol là một trong những hợp chất quan trọng nhất. Hợp chất này chủ yếu tập trung trong lớp cám của hạt gạo và có nhiều hoạt tính sinh học như chống oxy hóa, giảm cholesterol và hỗ trợ điều hòa chuyển hóa lipid trong cơ thể (Heon & cs., 2015; Pijug & cs., 2022).

Hàm lượng  $\gamma$ -oryzanol và các hợp chất chống oxy hóa trong gạo lứt có sự khác biệt đáng kể giữa các giống lúa và chịu ảnh hưởng của điều kiện sinh thái trồng trọt. Nhiều nghiên cứu cho thấy sự biến dị di truyền của các giống lúa có thể làm thay đổi đáng kể hàm lượng các hợp chất phenolic và lipid hoạt tính sinh học trong lớp cám, từ đó ảnh hưởng đến giá trị dinh dưỡng và tiềm năng sử dụng của

gạo lứt (Yang & cs., 2019; Pijug & cs., 2022).

$\gamma$ -oryzanol là hỗn hợp các este của acid ferulic liên kết với phytosterol và rượu triterpene, được xem là một trong những hợp chất chức năng quan trọng nhất của gạo lứt. Hợp chất này tập trung chủ yếu ở lớp cám, đặc biệt trong aleurone và phôi, nên hàm lượng của nó giảm mạnh khi gạo được xay xát thành gạo trắng (Madhumita & Naik, 2004).

Về mặt sinh học,  $\gamma$ -oryzanol có nhiều hoạt tính sinh lý như chống oxy hóa, chống viêm và điều hòa chuyển hóa lipids. Các nghiên cứu gần đây cho thấy hợp chất này có khả năng cải thiện chuyển hóa cholesterol, điều hòa stress oxy hóa và hỗ trợ kiểm soát hội chứng chuyển hóa (Helena & cs., 2025). Thành phần  $\gamma$ -oryzanol của gạo lứt gồm nhiều cấu tử khác nhau, trong đó bốn thành phần chính gồm cycloartenyl ferulate, 24-methylene cycloartanyl ferulate, campesterol ferulate và sitosterol ferulate chiếm phần lớn tổng hàm lượng (Yang & cs., 2019).

Hàm lượng  $\gamma$ -oryzanol biến động đáng kể giữa các giống lúa và chịu ảnh hưởng mạnh của nền di truyền. Các nghiên cứu di truyền đã xác định nhiều *QTL* liên quan đến sự tích lũy hợp chất này trong hạt, cho thấy tiềm năng khai thác các alen thuận lợi nhằm nâng cao giá trị dinh dưỡng của gạo lứt (Kato & cs., 2017).

### **2.2.2.3. Protein**

Protein là thành phần dinh dưỡng quan trọng thứ hai của hạt gạo sau tinh bột và đóng vai trò quan trọng trong giá trị dinh dưỡng của gạo lứt. Trong nội nhũ gạo, protein được phân thành bốn nhóm chính gồm albumin, globulin, prolamin và glutelin, trong đó glutelin chiếm tỷ lệ lớn nhất. Nhiều nghiên cứu cho thấy glutelin có thể chiếm khoảng 80 - 85% tổng protein của hạt gạo, trong khi prolamin và albumin + globulin chiếm tỷ lệ thấp hơn (Juliano & Tena, 2019; Wanasundara, 2024).

Protein gạo có thành phần acid amin tương đối cân đối, trong đó lysine - acid amin thường thiếu ở nhiều loại ngũ cốc - đạt khoảng 3,5 - 4,0%, góp phần nâng cao giá trị sinh học của protein gạo so với nhiều loại ngũ cốc khác (Juliano & Tena, 2019; Mohan & cs., 2010). Do protein tập trung chủ yếu ở lớp aleurone và phôi, hàm lượng protein của gạo lứt thường cao hơn gạo trắng sau xay xát.

Ở cấp độ sinh lý, quá trình tích lũy protein trong hạt chịu sự điều hòa bởi tương tác phôi - nội nhũ - aleurone và bởi cân bằng chuyển hóa carbon và nitrogen trong giai đoạn làm hạt (Ingram, 2020; Fathi, 2022). Khác biệt về hàm lượng và

cấu phần protein cũng phản ánh nền di truyền và lịch sử chọn giống, trong đó nhiều giống indica năng suất cao có hàm lượng protein cao hơn, trong khi một số giống japonica bản địa có tỷ lệ glutelin và chất lượng acid amin cân đối hơn (Juliano & Tũaño, 2019; Hoàng Ngọc Đĩnh & cs., 2022).

#### **2.2.2.4. Amylose**

Tinh bột là thành phần hóa sinh chiếm tỷ lệ lớn nhất trong hạt gạo và quyết định nhiều đặc tính sử dụng của gạo. Tinh bột gồm hai cấu tử chính là amylose và amylopectin, và tỷ lệ giữa hai cấu tử này quyết định tính chất hồ hóa, cấu trúc hạt cơm và khả năng tiêu hóa của tinh bột (Juliano & Tũaño, 2019; Harakotr & cs., 2021).

Hàm lượng amylose được sử dụng rộng rãi để phân loại các nhóm giống lúa. Các giống lúa nếp gần như không chứa amylose, trong khi các giống lúa tẻ có thể có hàm lượng từ trung bình đến cao. Khác biệt này liên quan trực tiếp đến hoạt động của enzyme granule-bound starch synthase trong nội nhũ (Juliano & Tũaño, 2019). Hàm lượng amylose và cấu trúc amylopectin là những yếu tố quan trọng quyết định đặc tính hồ hóa và khả năng tiêu hóa của tinh bột gạo (Shu & cs., 2021; Mìn & cs., 2024).

Trong gạo lứt, tinh bột tồn tại trong hệ vi cấu trúc phức tạp do tương tác với lipids và protein của lớp cám. Một trong những cơ chế quan trọng là sự hình thành phức amylose - lipids, trong đó amylose liên kết với acid béo tạo thành cấu trúc bền vững hơn. Phức hợp này làm giảm tốc độ tiêu hóa tinh bột và góp phần làm giảm chỉ số đường huyết của các sản phẩm gạo lứt so với gạo trắng (Harakotr & cs., 2021; Harakotr & cs., 2021).

#### **2.2.2.5. Vitamin**

Vitamin và các hợp chất chống oxy hóa là nhóm cấu tử quan trọng tạo nên giá trị sinh học đặc trưng của gạo lứt. Phần lớn các hợp chất này tập trung ở lớp aleurone và phôi nên được bảo toàn trong gạo lứt nhưng suy giảm đáng kể khi xay xát tạo gạo trắng.

Gạo lứt cung cấp nhiều vitamin nhóm B như thiamine (B1), riboflavin (B2), niacin (B3) và pyridoxine (B6), là các đồng yếu tố quan trọng của quá trình chuyển hóa năng lượng và hoạt động của hệ thần kinh. Do phân bố chủ yếu ở cám và phôi, hàm lượng các vitamin này trong gạo lứt cao hơn rõ rệt so với gạo trắng sau xay xát (Naseem & Javed, 2020; Rahmadanhi & cs., 2020).

Ngoài ra, gạo lứt còn chứa vitamin E dưới dạng tocopherols và tocotrienols, là các chất chống oxy hóa tan trong lipids có vai trò bảo vệ cấu trúc màng tế bào và hạn chế quá trình peroxy hóa lipids. Hoạt tính chống oxy hóa của các hợp chất này góp phần nâng cao giá trị chức năng và khả năng bảo quản của gạo lứt (Nayu & cs., 2025).

Hàm lượng vitamin và các hợp chất chống oxy hóa chịu ảnh hưởng đồng thời của kiểu gen và điều kiện sinh thái trong giai đoạn hình thành hạt. Các giống lúa bản địa hoặc lúa nếp thường có xu hướng tích lũy các hợp chất sinh học cao hơn so với nhiều giống cải tiến, do đặc điểm phôi lớn và lớp aleurone dày hơn (Wanasundara, 2024; Mónica del Rocío & cs., 2025). Vì vậy, việc khai thác nguồn gen bản địa kết hợp với điều kiện canh tác thích hợp có ý nghĩa quan trọng trong việc nâng cao giá trị dinh dưỡng và chức năng của gạo lứt.

### **2.3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN NGOẠI CẢNH ĐẾN NĂNG SUẤT VÀ CHẤT LƯỢNG LÚA GẠO**

#### **2.3.1. Nhiệt độ**

Nhiệt độ không khí là yếu tố khí hậu có ảnh hưởng mạnh nhất đến sinh trưởng, phát triển, năng suất và chất lượng hạt của cây lúa. Là cây trồng có nguồn gốc nhiệt đới, lúa thích nghi tốt với điều kiện nhiệt độ tương đối cao; tuy nhiên khoảng nhiệt độ tối ưu cho sinh trưởng thường dao động trong khoảng 27 - 32°C, và sự kết hợp giữa nhiệt độ trung bình với số giờ nắng chiếu sáng được xem là yếu tố quyết định năng suất cực đại của quần thể lúa (Prabhjyot & cs., 2023). Khi nhiệt độ môi trường sai lệch khỏi khoảng tối ưu trong thời gian dài, các quá trình sinh lý và sinh hóa của cây lúa bị rối loạn, dẫn đến suy giảm hiệu suất quang hợp, thay đổi cân bằng trao đổi chất và cuối cùng làm giảm năng suất cũng như chất lượng hạt (Koyi & cs., 2024; Manju & cs., 2025).

Nhiệt độ cao là một trong những yếu tố khí hậu quan trọng ảnh hưởng đến sinh trưởng và chất lượng hạt lúa, đặc biệt trong giai đoạn làm đồng và trổ bông. Khi nhiệt độ vượt ngưỡng tối ưu, nhiều quá trình sinh lý như quang hợp, hô hấp và vận chuyển vật chất trong cây bị rối loạn, dẫn đến giảm khả năng tích lũy carbohydrate trong hạt. Ở cấp độ sinh lý và phân tử, stress nhiệt có thể làm thay đổi hoạt động của nhiều enzyme liên quan đến quá trình hình thành tinh bột và protein trong nội nhũ, từ đó ảnh hưởng đến cấu trúc hạt và chất lượng gạo (He & cs., 2025; Wei & cs., 2025). Ngoài ra, nhiệt độ cao trong giai đoạn trổ bông còn

làm giảm khả năng thụ tinh và làm tăng tỷ lệ hạt lép. Sự biến đổi sinh lý này có liên quan đến mạng lưới điều hòa gen kiểm soát phản ứng của cây lúa đối với stress nhiệt, trong đó nhiều gen liên quan đến bảo vệ protein và ổn định màng tế bào được kích hoạt nhằm giúp cây thích nghi với điều kiện nhiệt độ cao (He & cs., 2025; Wei & cs., 2025).

Trong giai đoạn sinh dưỡng, nhiệt độ điều tiết tốc độ sinh trưởng của cây lúa thông qua ảnh hưởng đến cường độ quang hợp và hô hấp. Khi nhiệt độ tăng trong phạm vi thích hợp, hoạt động của hệ enzyme quang hợp, đặc biệt là enzyme ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco), được tăng cường, từ đó nâng cao khả năng cố định CO<sub>2</sub> và thúc đẩy quá trình tổng hợp carbohydrate. Tuy nhiên khi nhiệt độ vượt quá ngưỡng tối ưu, cường độ hô hấp tăng nhanh hơn quang hợp, dẫn đến giảm hiệu suất sử dụng carbon của cây làm suy giảm khả năng đồng hóa carbon và hạn chế tích lũy sinh khối. Các nghiên cứu gần đây cho thấy stress nhiệt còn kích hoạt hàng loạt phản ứng sinh lý - phân tử liên quan đến protein sốc nhiệt, hệ thống chống oxy hóa và mạng lưới điều hòa gen kiểm soát khả năng chịu nóng của cây lúa (He & cs., 2025; Wei & cs., 2025). Đồng thời, nhiệt độ cao gây bất ổn cấu trúc màng lục lạp và làm giảm hoạt tính của Rubisco, làm suy giảm khả năng đồng hóa carbon và hạn chế tích lũy sinh khối (Yoshida, 1981). Ngược lại, làm chậm quá trình nảy mầm và phát triển rễ. Stress nhiệt độ thấp còn làm thay đổi sự phân bố carbon và nitrogen giữa các cơ quan sinh trưởng, ảnh hưởng đến quá trình tích lũy vật chất khô của cây lúa (Tao & cs., 2025).

Trong giai đoạn sinh sản, đặc biệt từ phân hóa đồng đến trổ bông, cây lúa trở nên nhạy cảm với biến động nhiệt độ. Nhiệt độ cao trên 35°C trong thời kỳ trổ có thể làm giảm mạnh tỷ lệ thụ tinh do làm giảm sức sống của hạt phấn và ức chế sự phát triển của ống phấn. Ở cấp độ tế bào, nhiệt độ cao gây biến tính protein và làm rối loạn cấu trúc màng tế bào trong hạt phấn, đồng thời làm giảm hoạt động của các enzyme tham gia vào quá trình nảy mầm của hạt phấn. Ngoài ra, nhiệt độ cao còn làm giảm khả năng mở của bao phấn và rút ngắn thời gian phát tán phấn, từ đó làm tăng tỷ lệ hạt lép trên bông (Koyi & cs., 2024).

Bên cạnh stress nhiệt, nhiệt độ thấp cũng có thể gây ảnh hưởng đáng kể đến sinh trưởng và phát triển của cây lúa, đặc biệt trong giai đoạn mạ và giai đoạn sinh sản. Nhiệt độ thấp có thể làm giảm tốc độ phân chia tế bào, hạn chế sự phát triển của bộ rễ và làm giảm cường độ quang hợp của bộ lá. Những thay đổi này dẫn đến

giảm tích lũy sinh khối và ảnh hưởng đến năng suất lúa (Lifeng & cs., 2025). Ở giai đoạn sinh sản, stress nhiệt độ thấp có thể làm thay đổi sự phân bố carbon và nitơ giữa các cơ quan của cây lúa, từ đó ảnh hưởng đến quá trình hình thành và phát triển của hạt. Sự thay đổi trong dòng vận chuyển vật chất này có thể làm giảm tốc độ tích lũy tinh bột trong nội nhũ và ảnh hưởng đến khối lượng hạt cũng như chất lượng gạo (Tao & cs., 2025). Nhiệt độ thấp kéo dài dưới 18 - 20°C có thể gây bất thụ do làm gián đoạn quá trình phân chia tế bào của tế bào mẹ bào tử và hình thành các hạt phấn không hoàn chỉnh (Yoshida, 1981).

Ở giai đoạn làm đầy hạt, nhiệt độ đóng vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh tốc độ tích lũy tinh bột trong nội nhũ. Nhiệt độ cao thường làm rút ngắn thời gian chắc hạt do thúc đẩy quá trình già hóa sinh lý của lá và làm giảm thời gian quang hợp hiệu quả. Khi thời gian tích lũy carbohydrate bị rút ngắn, lượng sucrose vận chuyển từ lá vào hạt giảm, dẫn đến giảm khối lượng hạt và năng suất chung của cây lúa (Yoshida, 1981). Đồng thời, nhiệt độ cao làm tăng cường độ hô hấp trong giai đoạn chắc hạt, làm tiêu hao một phần carbohydrate dự trữ và giảm lượng carbon được phân bổ cho quá trình tổng hợp tinh bột trong nội nhũ.

Bên cạnh năng suất, nhiệt độ còn ảnh hưởng rõ rệt đến chất lượng gạo thông qua sự thay đổi cấu trúc tinh bột trong nội nhũ. Nhiệt độ cao trong giai đoạn chắc hạt có thể làm giảm hoạt tính của các enzyme tổng hợp tinh bột như ADP-glucose pyrophosphorylase, soluble starch synthase và granule-bound starch synthase, từ đó làm thay đổi cấu trúc tinh bột và dẫn đến hiện tượng bạc bụng ở hạt gạo (Hiroshi & cs., 2019; Koyi & cs., 2024). Nhiệt độ cao, đặc biệt là nhiệt độ ban đêm, còn làm thay đổi cân bằng carbon của cây lúa do làm tăng cường độ hô hấp duy trì. Nhiều nghiên cứu cho thấy sự gia tăng nhiệt độ ban đêm có thể làm giảm năng suất do tiêu hao carbohydrate tích lũy trong cây (Welch & cs., 2010; Ahmed & cs., 2019).

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến năng suất lúa còn liên quan chặt chẽ đến sự cân bằng giữa nguồn và nơi chứa các chất đồng hóa trong cây. Trong giai đoạn chắc hạt, hạt lúa đóng vai trò là cơ quan chứa sinh lý chính, trong khi lá và thân là nguồn cung cấp carbon thông qua quá trình quang hợp và huy động carbohydrate dự trữ. Phần lớn carbon tích lũy trong hạt lúa có nguồn gốc từ quang hợp sau trổ, trong khi phần còn lại được huy động từ carbohydrate không cấu trúc tích lũy trong thân trước trổ (He & cs., 2025).

Như vậy, nhiệt độ không chỉ tác động trực tiếp đến sinh trưởng và phát triển của cây lúa mà còn điều tiết sự cân bằng giữa nguồn và nơi chứa các chất đồng hóa thông qua ảnh hưởng đến quang hợp, hô hấp và hoạt động của các enzyme tổng hợp tinh bột trong nội nhũ. Sự tương tác giữa nhiệt độ và bức xạ mặt trời vì vậy giữ vai trò trung tâm trong việc điều khiển dòng carbon từ lá đến hạt, qua đó quyết định hiệu quả tích lũy vật chất khô cũng như năng suất và chất lượng gạo.

### **2.3.2. Ánh sáng và bức xạ mặt trời**

Ánh sáng và bức xạ mặt trời là nguồn năng lượng cơ bản cho quá trình quang hợp và là yếu tố khí hậu có ảnh hưởng quyết định đến khả năng tích lũy vật chất khô của cây lúa. Trong hệ thống sinh lý cây trồng, bức xạ mặt trời điều khiển trực tiếp tốc độ cố định carbon, hiệu suất sử dụng bức xạ của quần thể và khả năng vận chuyển các chất đồng hóa từ lá đến các cơ quan dự trữ. Vì vậy, cường độ bức xạ và thời gian chiếu sáng có ảnh hưởng sâu sắc đến sinh trưởng, năng suất cũng như chất lượng hạt lúa (Yoshida, 1981).

Trong giai đoạn sinh dưỡng, ánh sáng quyết định khả năng phát triển của tán lá và mức độ tích lũy sinh khối của quần thể lúa. Khi bức xạ mặt trời đầy đủ, quá trình quang hợp của bộ lá diễn ra mạnh mẽ, làm tăng khả năng tổng hợp carbohydrate và thúc đẩy sự hình thành lá mới. Sự gia tăng diện tích lá giúp tán lúa hấp thu bức xạ hiệu quả hơn và nâng cao hiệu suất sử dụng bức xạ của quần thể. Nhờ đó, cây lúa có thể tích lũy sinh khối lớn hơn và hình thành nhiều nhánh hữu hiệu, góp phần làm tăng số bông trên đơn vị diện tích - một trong những yếu tố quan trọng cấu thành năng suất lúa (Yoshida, 1981).

Ngược lại, điều kiện thiếu ánh sáng kéo dài do mây mù, mưa nhiều hoặc che bóng có thể làm giảm cường độ quang hợp và hạn chế tích lũy vật chất khô. Các nghiên cứu gần đây trong hệ thống nông nghiệp quang điện cũng cho thấy sự suy giảm bức xạ do che bóng có thể làm giảm quang hợp và tốc độ sinh trưởng của cây lúa (Jia & cs., 2025). Khi lượng bức xạ giảm, tốc độ tổng hợp carbohydrate trong lá giảm theo, làm giảm nguồn cung cấp vật chất đồng hóa cho sự sinh trưởng của cây. Đồng thời, thiếu ánh sáng còn làm giảm tuổi thọ lá và làm tăng tỷ lệ hô hấp so với quang hợp, dẫn đến giảm hiệu quả sử dụng năng lượng của cây lúa. Kết quả là số nhánh hữu hiệu và sinh khối quần thể giảm, làm giảm tiềm năng năng suất ngay từ giai đoạn sinh dưỡng.

Ở cấp độ sinh hóa của hạt, ánh sáng còn ảnh hưởng đến hoạt động của các



enzyme tham gia vào quá trình tổng hợp tinh bột trong nội nhũ. Khi bức xạ đầy đủ, lượng sucrose được cung cấp cho hạt tăng lên, thúc đẩy hoạt động của các enzyme như sucrose synthase, ADP-glucose pyrophosphorylase và starch synthase. Các enzyme này xúc tác quá trình chuyển hóa sucrose thành tinh bột dự trữ trong nội nhũ, qua đó quyết định khối lượng hạt và cấu trúc tinh bột của gạo (Ahmed & cs., 2019). Ngược lại, khi thiếu ánh sáng kéo dài, lượng sucrose vận chuyển vào hạt giảm, làm giảm hoạt tính của các enzyme tổng hợp tinh bột và làm chậm quá trình tích lũy tinh bột trong nội nhũ. Hệ quả là các hạt tinh bột hình thành kém hoàn chỉnh, dễ tạo ra khoảng rỗng trong nội nhũ và làm tăng tỷ lệ hạt bạc bụng.

Ngoài ảnh hưởng đến tinh bột, ánh sáng còn tác động đến thành phần hóa sinh của hạt gạo. Khi bức xạ cao, lượng carbohydrate được tổng hợp từ quang hợp tăng lên, cung cấp nguồn carbon dồi dào cho quá trình tổng hợp tinh bột và các hợp chất dự trữ khác. Đồng thời, dòng carbon dư thừa còn được sử dụng cho quá trình tổng hợp lipids và các hợp chất sinh học có hoạt tính trong lớp cám gạo như tocopherol, tocotrienol và  $\gamma$ -oryzanol. Những hợp chất này đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao giá trị dinh dưỡng và khả năng chống oxy hóa của gạo lứt (Juliano & Tuesta, 2019; Peng & cs., 2020).

Ngược lại, khi bức xạ thấp kéo dài, sự suy giảm tích lũy tinh bột trong hạt thường xảy ra mạnh hơn so với quá trình tổng hợp protein, dẫn đến tăng hàm lượng protein tương đối trong gạo. Sự mất cân đối giữa tinh bột và protein trong nội nhũ có thể làm thay đổi cấu trúc vi thể của hạt, ảnh hưởng đến độ trong, độ cứng và khả năng hồ hóa của gạo, từ đó làm giảm chất lượng cảm quan và giá trị thương mại của sản phẩm.

Tổng hợp các kết quả nghiên cứu cho thấy ánh sáng và bức xạ mặt trời đóng vai trò trung tâm trong việc điều tiết quá trình quang hợp, tích lũy sinh khối và vận chuyển vật chất đồng hóa trong cây lúa. Sự biến động của bức xạ trong các giai đoạn mầm cảm như trổ bông và chắc hạt có thể ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và chất lượng gạo thông qua việc điều chỉnh dòng carbon từ lá đến hạt và hoạt động của các enzyme tổng hợp tinh bột trong nội nhũ. Vì vậy, việc hiểu rõ cơ chế ảnh hưởng của ánh sáng đến sinh trưởng và phát triển của cây lúa là cơ sở quan trọng để tối ưu hóa các biện pháp canh tác và nâng cao hiệu quả sản xuất lúa trong điều kiện khí hậu biến động.

### 2.3.3. Độ ẩm không khí

Độ ẩm không khí là yếu tố khí hậu quan trọng điều tiết trạng thái nước của cây lúa và ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình thoát hơi nước, trao đổi khí và cường độ quang hợp của bộ lá. Trong hệ thống sinh lý cây trồng, độ ẩm không khí chi phối chênh lệch áp suất hơi nước giữa lá và môi trường, từ đó điều chỉnh cường độ thoát hơi nước và trạng thái mở - đóng của khí khổng. Vì vậy, biến động của độ ẩm không khí có thể ảnh hưởng đáng kể đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng hạt lúa (Yoshida, 1981; Manju & cs., 2025).

Trong điều kiện độ ẩm thích hợp, thường khoảng 70 - 85%, cây lúa duy trì trạng thái cân bằng nước ổn định, giúp quá trình thoát hơi nước và khuếch tán CO<sub>2</sub> vào lá diễn ra thuận lợi. Nhờ đó cường độ quang hợp được duy trì ổn định và nguồn carbohydrate cho sinh trưởng của cây lúa được đảm bảo (Yoshida, 1981). Ngược lại, khi độ ẩm không khí thấp kết hợp với nhiệt độ cao, chênh lệch áp suất hơi nước tăng mạnh làm gia tăng thoát hơi nước và gây giảm thể nước trong lá. Sự đóng khí khổng khi đó làm hạn chế khuếch tán CO<sub>2</sub> vào lá, dẫn đến giảm quang hợp và tích lũy sinh khối (Manju & cs., 2025).

Trong giai đoạn sinh sản, đặc biệt từ trổ bông đến thụ tinh, độ ẩm không khí ảnh hưởng rõ rệt đến quá trình phát tán phấn và khả năng thụ tinh của hoa lúa. Khi độ ẩm quá cao trong điều kiện mưa hoặc sương mù kéo dài, hạt phấn dễ hút nước và giảm khả năng nảy mầm trên đầu nhụy, đồng thời bao phấn mở kém và phát tán phấn bị cản trở, làm tăng tỷ lệ hạt lép trên bông (Yoshida, 1981).

Trong giai đoạn làm đầy hạt, độ ẩm không khí ảnh hưởng đến sự cân bằng giữa quang hợp và hô hấp của cây lúa. Độ ẩm quá cao có thể làm giảm thoát hơi nước và dòng vận chuyển nước - dinh dưỡng trong cây, trong khi độ ẩm quá thấp làm tăng thoát hơi nước và gây đóng khí khổng. Trong cả hai trường hợp, lượng carbohydrate vận chuyển vào hạt đều giảm, làm suy giảm hiệu quả làm đầy hạt và khối lượng hạt.

Ở cấp độ sinh hóa, độ ẩm cao kết hợp với nhiệt độ cao còn có thể thúc đẩy hoạt động của các enzyme oxy hóa lipids như lipooxygenase, làm tăng quá trình oxy hóa các acid béo trong lớp cám gạo và ảnh hưởng đến tính ổn định sinh học của các hợp chất lipids (Swarnadip & cs., 2023). Đồng thời, khi điều kiện độ ẩm bất lợi làm giảm quang hợp, sự tích lũy tinh bột trong hạt thường bị ức chế mạnh hơn so với tổng hợp protein, dẫn đến tăng hàm lượng protein tương đối và thay đổi cấu trúc nội nhũ của hạt gạo (Yoshida, 1981).

Nhìn chung, độ ẩm không khí ảnh hưởng đến sinh trưởng và năng suất lúa thông qua việc điều tiết trạng thái nước của cây, cường độ thoát hơi nước và trao đổi khí của bộ lá. Sự biến động của độ ẩm trong các giai đoạn mầm cảm như trổ bông và chắc hạt có thể làm thay đổi quá trình quang hợp, vận chuyển vật chất đồng hóa và tích lũy các hợp chất dự trữ trong hạt.

#### **2.3.4. Lượng mưa và phân bố mưa**

Lượng mưa và sự phân bố mưa theo thời gian là yếu tố khí hậu quan trọng ảnh hưởng đến trạng thái nước của ruộng lúa và các quá trình sinh lý của cây. Nước tham gia trực tiếp vào quang hợp, vận chuyển dinh dưỡng, điều hòa nhiệt độ và duy trì trạng thái trương nước của tế bào; do đó biến động lượng mưa có thể tác động đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng hạt thông qua việc điều chỉnh cân bằng nước và cường độ trao đổi chất của cây (Yoshida, 1981; Koyi & cs., 2024).

Trong giai đoạn sinh dưỡng, lượng mưa phân bố hợp lý giúp duy trì mực nước ổn định, tạo điều kiện cho hệ rễ phát triển và tăng khả năng hấp thu nước, dinh dưỡng, qua đó duy trì quang hợp và tích lũy sinh khối. Ngược lại, thiếu mưa hoặc khô hạn làm giảm thế nước của cây, khiến khí khổng đóng và hạn chế khuếch tán CO<sub>2</sub> vào lá, dẫn đến suy giảm quang hợp và tích lũy carbohydrate (Yoshida, 1981).

Ở giai đoạn sinh sản, mưa lớn kéo dài trong thời kỳ trổ có thể cản trở phát tán phấn và làm giảm tỷ lệ thụ tinh, dẫn đến tăng tỷ lệ hạt lép trên bông (Yoshida, 1981). Trong giai đoạn làm đầy hạt, stress nước làm giảm quang hợp và vận chuyển sucrose vào hạt, đồng thời làm giảm hoạt tính các enzyme tổng hợp tinh bột như sucrose synthase, ADP-glucose pyrophosphorylase và starch synthase, dẫn đến giảm tích lũy tinh bột, giảm hàm lượng amylose và tăng tỷ lệ hạt bạc bụng (Ahmed & cs., 2019; Yoshida, 1981).

Ngược lại, mưa quá lớn gây ngập úng kéo dài có thể làm thiếu oxy vùng rễ, hạn chế hấp thu dinh dưỡng và giảm quang hợp, từ đó làm giảm lượng carbohydrate vận chuyển vào hạt và giảm khối lượng hạt. Ngoài ra, khi cây chịu stress nước trong giai đoạn chắc hạt, sự tích lũy tinh bột thường bị ức chế mạnh hơn so với tổng hợp protein, làm tăng hàm lượng protein tương đối và thay đổi cấu trúc nội nhũ, ảnh hưởng đến chất lượng xay xát và cảm quan của gạo.

## **2.4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ LƯỢNG BÓN PHÂN ĐẠM VÀ MẬT ĐỘ CÂY LÚA**

Trong hệ thống canh tác lúa thâm canh, mật độ cây và lượng đạm bón là hai yếu tố kỹ thuật quan trọng có ảnh hưởng trực tiếp đến sinh trưởng, cấu trúc quần thể và khả năng hình thành năng suất của cây lúa (Peng & cs., 2021; Wei & cs., 2021). Trong đó, mật độ cây quyết định số cây và số bông trên đơn vị diện tích, còn lượng đạm bón chi phối mạnh đến sinh trưởng sinh dưỡng, khả năng quang hợp và quá trình tích lũy chất khô của cây lúa (Fageria, 2014). Sự phối hợp hợp lý giữa hai yếu tố này có vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa cấu trúc quần thể, nâng cao hiệu quả sử dụng ánh sáng và dinh dưỡng, từ đó cải thiện năng suất và chất lượng hạt (Zhao & cs., 2024).

### **2.4.1. Nghiên cứu về lượng bón phân đạm cho lúa**

Nitơ (N) là nguyên tố dinh dưỡng quan trọng nhất đối với sinh trưởng và năng suất của cây lúa do tham gia cấu tạo protein, axit nucleic, diệp lục và nhiều enzyme liên quan đến các quá trình sinh lý cơ bản của cây (Jiban & cs., 2020; Rakesh & cs., 2020). Trong hệ thống sản xuất lúa thâm canh, việc cung cấp nitơ hợp lý có vai trò quyết định đối với sự phát triển sinh dưỡng, khả năng quang hợp và sự hình thành các cấu phần năng suất của cây lúa (Peng & cs., 2021).

Nitơ có ảnh hưởng trực tiếp đến sự phát triển của bộ lá và chỉ số diện tích lá của quần thể lúa. Khi nitơ được cung cấp đầy đủ, diện tích lá và hàm lượng diệp lục tăng lên, giúp nâng cao khả năng hấp thụ bức xạ quang hợp và tăng tích lũy chất khô trong cây (Wei & cs., 2021). Hàm lượng nitơ trong lá cũng có mối quan hệ chặt chẽ với cường độ quang hợp do nitơ là thành phần cấu tạo của nhiều enzyme quang hợp quan trọng, đặc biệt là enzyme ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco). Khi cây lúa được cung cấp nitơ ở mức phù hợp, hoạt động quang hợp của lá đồng được duy trì lâu hơn trong giai đoạn chắc hạt, qua đó tăng khả năng vận chuyển chất đồng hóa vào hạt và cải thiện năng suất lúa (Li & cs., 2021).

Bên cạnh ảnh hưởng đến quang hợp, nitơ còn đóng vai trò quan trọng trong quá trình đẻ nhánh và hình thành bông của cây lúa. Việc cung cấp nitơ đầy đủ trong giai đoạn sinh trưởng sinh dưỡng giúp tăng số nhánh hữu hiệu và làm tăng số bông trên đơn vị diện tích, từ đó góp phần nâng cao năng suất lúa (Jisheng & cs., 2020; Peng & cs., 2021). Ngoài ra, nitơ cũng ảnh hưởng đến quá trình phân hóa hoa và

sự phát triển của hạt trên bông, do đó có tác động trực tiếp đến số hạt trên bông và tỷ lệ hạt chắc.

Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu cho thấy việc bón đạm quá mức có thể gây ra những tác động bất lợi đối với sinh trưởng và năng suất lúa. Khi lượng nitơ dư thừa, cây lúa thường phát triển sinh dưỡng mạnh, làm tăng chiều cao cây và kéo dài thời gian sinh trưởng, từ đó làm tăng nguy cơ đổ ngã trong điều kiện mưa gió mạnh (Wei & cs., 2021). Đồng thời, mật độ tán lá tăng do bón đạm cao có thể làm giảm hiệu quả phân bố ánh sáng trong quần thể và làm giảm hiệu quả quang hợp của ruộng lúa (Zhao & cs., 2024).

Lượng đạm bón cũng có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng hạt lúa. Nhiều nghiên cứu cho thấy khi lượng nitơ bón tăng, hàm lượng protein trong hạt thường tăng lên trong khi hàm lượng amylose có xu hướng giảm, dẫn đến sự thay đổi trong đặc tính nấu và chất lượng cảm quan của gạo. Ngoài ra, bón đạm quá cao trong giai đoạn cuối sinh trưởng có thể làm tăng tỷ lệ hạt bạc bụng và giảm tỷ lệ gạo nguyên sau xay xát. Bên cạnh nitơ và lân, kali cũng đóng vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh thành phần hóa sinh của hạt. Việc bón kali hợp lý được ghi nhận có khả năng thúc đẩy quá trình tổng hợp lipid, điều chỉnh thành phần acid béo và cải thiện chất lượng cảm quan của gạo thông qua cơ chế điều hòa cạnh tranh cơ chất giữa tổng hợp protein và lipid (Zhang & cs., 2021; Wang & cs., 2022; Chen & cs., 2023).

Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu tập trung vào việc nâng cao hiệu quả sử dụng đạm (Nitrogen Use Efficiency - NUE) trong sản xuất lúa nhằm giảm chi phí phân bón và hạn chế ô nhiễm môi trường (Peng & cs., 2021). Việc điều chỉnh lượng và thời điểm bón đạm được xem là một trong những biện pháp quan trọng giúp nâng cao khả năng hấp thu nitơ của cây lúa. Các nghiên cứu cho thấy việc chia lượng đạm bón thành nhiều lần và tập trung vào các giai đoạn sinh trưởng quan trọng như đẻ nhánh và làm đòng có thể giúp cây lúa sử dụng nitơ hiệu quả hơn, đồng thời cải thiện cấu trúc bông và nâng cao năng suất (Xiang & cs., 2024). Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và yêu cầu phát triển nông nghiệp bền vững, việc tối ưu hóa hiệu quả sử dụng đạm cũng được xem là yếu tố quan trọng giúp nâng cao hiệu quả kinh tế và giảm tác động môi trường của sản xuất lúa (Ying & cs., 2025).

Đối với các giống lúa nếp, phản ứng đối với lượng đạm bón có thể khác so

với lúa tẻ do sự khác biệt về đặc điểm sinh lý và cấu trúc tinh bột. Nhiều nghiên cứu cho thấy quản lý đạm có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình tích lũy protein trong hạt, qua đó tác động đến chất lượng gạo (Deng & cs., 2022). Đồng thời, trong lúa nếp, sự tương tác giữa tinh bột, protein và lipid đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định đặc tính lý hóa và giá trị dinh dưỡng của sản phẩm (Hu & cs., 2021). Thành phần dinh dưỡng như protein, lipid và các hợp chất sinh học cũng biến động theo giống và điều kiện canh tác, góp phần hình thành chất lượng và giá trị sử dụng của gạo nếp (Wang & cs., 2025).

Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu đã đánh giá ảnh hưởng của lượng đạm bón đến sinh trưởng và năng suất lúa trong các điều kiện sinh thái khác nhau. Các kết quả nghiên cứu cho thấy mức bón đạm thích hợp cho lúa thường dao động từ khoảng 90 đến 150 kg N/ha tùy theo giống và điều kiện đất đai (Phan Thị Thanh & cs., 2020, Lê Văn Trường & cs., 2024 ). Bón đạm hợp lý giúp tăng số nhánh hữu hiệu, cải thiện tỷ lệ hạt chắc và nâng cao năng suất lúa trong điều kiện sản xuất tại Việt Nam.

#### **2.4.2. Nghiên cứu về mật độ cấy lúa**

Mật độ cấy là một trong những yếu tố kỹ thuật quan trọng quyết định cấu trúc quần thể và khả năng khai thác các nguồn tài nguyên môi trường của ruộng lúa ( Wei & cs., 2021). Mật độ trồng ảnh hưởng trực tiếp đến sự phân bố ánh sáng trong tán lá, sự phát triển của hệ rễ cũng như mức độ cạnh tranh dinh dưỡng giữa các cây trong quần thể. Vì vậy, việc xác định mật độ cấy phù hợp có ý nghĩa quan trọng trong việc tối ưu hóa cấu trúc quần thể và nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên của ruộng lúa.

Trong sinh thái học cây trồng, mối quan hệ giữa mật độ trồng và năng suất thường mang tính phi tuyến, trong đó năng suất đạt giá trị tối đa tại một khoảng mật độ tối ưu ( Yoshida, 1981). Khi mật độ cấy thấp, mỗi cây lúa có không gian sinh trưởng rộng hơn nên khả năng đẻ nhánh và phát triển hệ rễ thường mạnh hơn. Tuy nhiên, tổng số bông trên đơn vị diện tích thấp nên năng suất quần thể không cao (Wei & cs., 2021). Ngược lại, khi mật độ trồng tăng, số nhánh trên mỗi cây giảm nhưng tổng số bông trên đơn vị diện tích tăng, nhờ đó năng suất quần thể có thể tăng nếu điều kiện dinh dưỡng và ánh sáng được cung cấp đầy đủ.

Mật độ cấy có ảnh hưởng rõ rệt đến cấu trúc tán lá và khả năng quang hợp của ruộng lúa. Khi mật độ trồng tăng trong một giới hạn nhất định, chỉ số diện tích

lá của quần thể tăng lên, giúp tăng khả năng hấp thụ bức xạ quang hợp và nâng cao tích lũy sinh khối. Tuy nhiên, nếu mật độ trồng quá cao, tán lá trở nên dày và hệ số suy giảm ánh sáng trong tán tăng lên, khiến các lá ở tầng dưới nhận ít bức xạ hơn và làm giảm hiệu quả quang hợp của toàn quần thể (Wei & cs., 2021; Zhao & cs., 2024).

Mật độ cây cũng có ảnh hưởng đến cấu trúc hình thái và khả năng chống đổ của cây lúa. Khi mật độ trồng cao, sự cạnh tranh ánh sáng giữa các cây làm cây vươn cao và thân trở nên mảnh hơn, từ đó làm giảm độ bền cơ học của thân và tăng nguy cơ đổ ngã trong điều kiện mưa gió mạnh. Ngược lại, mật độ cây hợp lý giúp cây phát triển cân đối hơn, thân cứng hơn và hệ rễ phát triển tốt hơn, qua đó cải thiện khả năng chống đổ của cây lúa (Tăng Thị Hạnh & cs., 2020; Nguyễn Tuấn Khôi & Phạm Thị Thơm., 2020).

Ngoài ảnh hưởng đến sinh trưởng và năng suất, mật độ cây còn có thể tác động đến chất lượng gạo. Mật độ trồng quá cao có thể làm tăng tỷ lệ hạt lép và giảm tỷ lệ gạo nguyên do sự cạnh tranh ánh sáng và dinh dưỡng trong tán lá, làm suy giảm phân bố bức xạ và khả năng quang hợp của các lá tầng dưới, từ đó hạn chế tích lũy carbohydrate và quá trình chắc hạt. Các nghiên cứu gần đây cho thấy mật độ cao ảnh hưởng tiêu cực đến hàm lượng sucrose và tinh bột trong hạt, đồng thời làm giảm hiệu quả sử dụng ánh sáng và nguồn dinh dưỡng trong quần thể (Gong & cs., 2025)

Trong các hệ thống canh tác lúa cải tiến, mật độ cây còn được điều chỉnh kết hợp với các biện pháp kỹ thuật khác nhằm tối ưu hóa sinh trưởng của cây lúa. Ví dụ, trong hệ thống thâm canh lúa cải tiến (SRI), việc sử dụng cây mạ non kết hợp với quản lý nước hợp lý và mật độ cây thưa được ghi nhận có thể cải thiện sự phát triển của hệ rễ và nâng cao hiệu quả sử dụng dinh dưỡng của cây lúa (Masanam, 2022).

Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu đã đánh giá ảnh hưởng của mật độ cây đến sinh trưởng và năng suất lúa trong các điều kiện sinh thái khác nhau. Các kết quả nghiên cứu cho thấy mật độ cây có ảnh hưởng rõ rệt đến số bông trên đơn vị diện tích và các cấu phần năng suất của cây lúa. Khi mật độ cây quá thấp, năng suất bị hạn chế do số bông trên đơn vị diện tích thấp, trong khi mật độ quá cao lại làm giảm số hạt trên bông và khối lượng hạt do sự cạnh tranh dinh dưỡng và ánh sáng giữa các cây trong quần thể.

Đối với các giống lúa nếp bản địa, mật độ cấy cũng là yếu tố kỹ thuật quan trọng ảnh hưởng đến sinh trưởng và năng suất. Các giống lúa nếp thường có khả năng đẻ nhánh mạnh nên có thể thích nghi với mật độ trồng thấp hơn so với nhiều giống lúa cải tiến. Tuy nhiên, nếu mật độ trồng quá thấp, số bông trên đơn vị diện tích có thể không đủ để đạt năng suất cao, do đó cần xác định mật độ cấy thích hợp cho từng giống và điều kiện canh tác cụ thể.

#### **2.4.3. Ảnh hưởng của mật độ cấy và lượng đạm bón đến năng suất và chất lượng lúa**

Trong hệ thống canh tác lúa thâm canh, mật độ cấy và lượng đạm bón được xem là hai yếu tố kỹ thuật cơ bản có mối quan hệ tương tác chặt chẽ, đồng thời chi phối cấu trúc quần thể, hoạt động quang hợp và quá trình hình thành năng suất của cây lúa (Peng & cs., 2021; Zhao & cs., 2024, Diankai & cs., 2025 ). Mật độ cấy quyết định số cây và số bông trên đơn vị diện tích, qua đó định hình cấu trúc không gian của quần thể ruộng lúa. Ngược lại, lượng đạm bón đóng vai trò điều tiết cường độ sinh trưởng sinh dưỡng, khả năng đẻ nhánh và sự phát triển của bông, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến tiềm năng năng suất.

Nhiều nghiên cứu gần đây cho thấy sự phối hợp hợp lý giữa mật độ cấy và lượng đạm bón có ý nghĩa quan trọng trong việc tối ưu hóa cấu trúc quần thể và nâng cao hiệu quả sử dụng dinh dưỡng của cây lúa. Khi mật độ trồng được tăng lên ở mức phù hợp đồng thời lượng đạm bón được điều chỉnh giảm, cấu trúc tán lá của quần thể có xu hướng trở nên cân đối hơn, khả năng phân bố ánh sáng trong tán được cải thiện và hiệu quả quang hợp của ruộng lúa được nâng cao. Nhờ vậy, năng suất lúa có thể được duy trì hoặc thậm chí gia tăng trong khi hiệu quả sử dụng nitơ được cải thiện đáng kể (Wei & cs., 2021; Huang & Zou, 2020).

Các nghiên cứu thực nghiệm cũng cho thấy mô hình tăng mật độ kết hợp với giảm lượng đạm bón có thể làm tăng số bông trên đơn vị diện tích, cải thiện khả năng chống đổ và giảm nguy cơ thất thoát nitơ ra môi trường. Sự điều chỉnh hợp lý giữa hai yếu tố này góp phần tối ưu hóa quá trình tích lũy sinh khối và phân bổ vật chất vào hạt, qua đó nâng cao năng suất và chất lượng lúa (Muhammad & cs., 2022; Zi & cs., 2026). Bên cạnh đó, quản lý mật độ trồng và lượng đạm bón phù hợp còn có thể tác động đến một số chỉ tiêu chất lượng hạt như hàm lượng lipid và protein thông qua sự điều chỉnh cân bằng nguồn - đích trong quá trình hình thành và phát triển hạt (Guangyi & cs., 2024).



Nhiều nghiên cứu cũng cho thấy việc tăng mật độ trồng kết hợp với giảm lượng đạm bón ở mức vừa phải có thể duy trì hoặc nâng cao năng suất lúa nhờ sự gia tăng số bông trên đơn vị diện tích và cải thiện hiệu quả sử dụng nitơ. Trong hệ thống canh tác này, sự tăng lên của số bông có thể bù đắp cho sự giảm nhẹ về số hạt trên bông do mức bón đạm thấp hơn (Chen & cs., 2023). Do đó, đây được xem là một chiến lược canh tác hiệu quả nhằm giảm lượng phân đạm sử dụng trong sản xuất, đồng thời hạn chế nguy cơ đổ ngã và giảm tác động tiêu cực của hoạt động canh tác lúa đối với môi trường.

Bên cạnh lượng đạm bón, thời điểm và cách phân bổ nitơ trong các giai đoạn sinh trưởng cũng có vai trò quan trọng đối với quá trình hình thành năng suất của cây lúa. Nhiều nghiên cứu cho thấy việc phân bổ nitơ hợp lý giữa các giai đoạn sinh trưởng như bón lót, bón thúc đẻ nhánh và bón đón đòng có thể cải thiện cấu trúc bông, tăng số hạt chắc và nâng cao hiệu quả sử dụng đạm của cây lúa (Xiang & cs., 2024).

Tuy nhiên, mật độ trồng cao kết hợp với lượng đạm bón lớn có thể gây ra những tác động bất lợi đến sinh trưởng và phát triển của cây lúa. Trong điều kiện này, cây thường sinh trưởng sinh dưỡng mạnh, tăng chiều cao và giảm độ cứng thân, làm gia tăng nguy cơ đổ ngã. Đồng thời, mật độ và mức đạm cao làm suy giảm phân bố ánh sáng trong tán, hạn chế hiệu quả quang hợp của các lá phía dưới, từ đó làm giảm tích lũy carbohydrate và ảnh hưởng tiêu cực đến quá trình hình thành năng suất và chất lượng hạt (Liu & cs., 2024; Guo & cs., 2025).

Sự phối hợp hợp lý giữa mật độ cấy và lượng đạm bón không chỉ quyết định năng suất mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả sử dụng nitơ (Nitrogen Use Efficiency - NUE) của cây lúa. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và yêu cầu phát triển nông nghiệp bền vững, việc nâng cao hiệu quả sử dụng đạm được xem là một giải pháp quan trọng nhằm giảm chi phí sản xuất và hạn chế ô nhiễm môi trường trong hệ thống sản xuất lúa (Peng & cs., 2021; Ying & cs., 2025).

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về mật độ cấy và lượng đạm bón chủ yếu được thực hiện trên các giống lúa cải tiến phổ biến trong sản xuất (Nguyễn Văn Bộ & cs., 2019; Nguyễn Thị Vân & cs., 2023). Trong khi đó, các giống lúa nếp bản địa thường có đặc điểm sinh trưởng và khả năng đẻ nhánh khác biệt so với các giống lúa tẻ hiện đại, do đó phản ứng của chúng đối với các biện pháp kỹ thuật canh tác cũng có thể khác nhau (Wang & cs., 2025). Một số nghiên cứu bước đầu

trên giống Nếp Tan Nhe tại Sông Mã, Sơn La cho thấy việc điều chỉnh mật độ cấy kết hợp với chế độ bón phân phù hợp có thể làm tăng số bông hữu hiệu và cải thiện năng suất của giống lúa nếp địa phương (Dương Thị Hồng Mai & cs., 2020).

Do đó, việc nghiên cứu ảnh hưởng của mật độ cấy và lượng đạm bón cũng như sự tương tác giữa hai yếu tố này đối với sinh trưởng, năng suất và chất lượng của các giống lúa nếp bản địa là cần thiết nhằm bổ sung cơ sở khoa học cho việc xây dựng các biện pháp kỹ thuật canh tác phù hợp trong điều kiện sinh thái vùng miền núi phía Bắc. Những kết quả nghiên cứu này không chỉ góp phần hoàn thiện cơ sở lý luận về quản lý quần thể và dinh dưỡng trong sản xuất lúa, mà còn có ý nghĩa thực tiễn trong việc nâng cao hiệu quả và tính bền vững của hệ thống canh tác lúa tại các vùng sinh thái đặc thù.

## **2.5. MỘT SỐ GIỐNG LÚA LÀM GẠO LÚT**

Theo báo cáo của Imarc Group (2024), thị trường gạo lứt toàn cầu giai đoạn 2025 - 2033 được phân tích theo loại sản phẩm, kích thước hạt, kênh phân phối và lĩnh vực ứng dụng; trong đó gạo Basmati nâu chiếm tỷ trọng lớn nhất với khoảng 58,9% thị phần vào năm 2024. Phân khúc này tăng trưởng mạnh nhờ chất lượng cảm quan cao, hương thơm đặc trưng và hình dạng hạt dài thon, đồng thời vẫn bảo tồn lớp cám giàu dinh dưỡng của hạt gạo. Những đặc điểm này giúp gạo lứt đáp ứng đồng thời yêu cầu cảm quan và xu hướng tiêu dùng thực phẩm nguyên cám có lợi cho sức khỏe. Tuy nhiên, phần lớn sản phẩm gạo lứt trên thị trường hiện nay vẫn được sản xuất từ các giống lúa vốn được chọn tạo cho mục đích gạo trắng cao cấp và sau đó sử dụng dưới dạng chưa xay xát hoàn toàn, thay vì được phát triển từ các chương trình chọn giống chuyên biệt cho gạo lứt (Imarc Group, 2024).

Trên thế giới, các nghiên cứu về giống lúa phục vụ sản xuất gạo lứt tập trung chủ yếu tại khu vực châu Á và Bắc Phi - Trung Đông. Nhiều nghiên cứu cho thấy nền di truyền của giống có vai trò quyết định đối với hàm lượng protein, cấu trúc tinh bột và các hợp chất chống oxy hóa trong gạo lứt (Paramee & Panpipat, 2022). Tại Thái Lan, các giống Hom Mali, Sung Yod, Noui Khuea và Riceberry thể hiện sự khác biệt rõ rệt về đặc tính nấu và thành phần dinh dưỡng, trong khi tại khu vực Bắc Phi - Trung Đông, các giống Giza 178, Sakha 108, Egyptian Yasmin và Super 300 được phân thành nhiều nhóm chất lượng khác nhau về hàm lượng protein, chất xơ và khoáng chất (Jittimon & cs., 2025; (Abdelsalam & cs., 2025).

Những kết quả này khẳng định rằng chất lượng dinh dưỡng của gạo lứt phụ thuộc mạnh vào kiểu gen cũng như cấu trúc sinh học của hạt.

Bên cạnh các nghiên cứu về thành phần dinh dưỡng, nhiều chương trình chọn giống hiện đại đã tập trung vào việc cải thiện cấu trúc hạt nhằm nâng cao giá trị sinh học của gạo lứt. Các nghiên cứu di truyền cho thấy kích thước phôi và độ dày lớp aleurone có ảnh hưởng trực tiếp đến hàm lượng lipids, protein và các hợp chất chống oxy hóa trong hạt gạo. Đột biến gen phôi to (*le*) làm tăng kích thước phôi đã được chứng minh có thể nâng cao đáng kể hàm lượng lipids và vitamin trong hạt (Gileung & cs., 2019). Tương tự, các nghiên cứu về lúa đột biến phôi lớn cũng ghi nhận sự gia tăng các hợp chất chống oxy hóa hòa tan trong lipid như tocopherol và  $\gamma$ -oryzanol (Ming & cs., 2019). Ngoài ra, đột biến gen aleurone dày 1 (*Ta1*) làm tăng số lớp tế bào aleurone được xác định có thể cải thiện hàm lượng protein, lipids và khoáng chất trong gạo lứt mà không làm giảm năng suất hạt (Li & cs., 2021).

Ở cấp độ sinh lý phát triển hạt, nhiều nghiên cứu đã làm rõ cơ chế điều hòa quá trình tích lũy vật chất dự trữ trong nội nhũ. Yếu tố phiên mã OsNF-YB1 hoạt động đặc hiệu ở lớp aleurone được chứng minh có vai trò quan trọng trong việc điều hòa vận chuyển sucrose và quá trình làm đầy hạt lúa (Jing & cs., 2016). Sự tương tác giữa phôi và nội nhũ trong quá trình phát triển hạt cũng được xác định là yếu tố quan trọng chi phối kích thước hạt và sự phân bố các hợp chất dinh dưỡng trong gạo lứt (Lu & cs., 2020). Các nghiên cứu transcriptomics gần đây còn phát hiện một mạng lưới tín hiệu phân tử hoạt động tại vùng tiếp giáp giữa phôi và nội nhũ, giúp điều hòa đồng bộ sự phát triển của các mô trong hạt lúa (Nicolas & cs., 2020).

Ngoài ra, các nghiên cứu di truyền sử dụng phương pháp GWAS và lập bản đồ *QTL* đã xác định nhiều vùng gen liên quan đến kích thước, hình dạng và khối lượng hạt lúa - những đặc điểm có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng gạo lứt và hiệu quả chế biến (Ohn & cs., 2010; Nkulu & cs., 2023). Tuy nhiên, việc cải thiện hàm lượng các hợp chất dinh dưỡng trong gạo lứt cũng đặt ra một số thách thức về chất lượng thương mại. Một số dòng lúa có phôi lớn hoặc cấu trúc nội nhũ biến đổi có thể xuất hiện hiện tượng bạc bụng, làm giảm độ trong của hạt gạo và ảnh hưởng đến chất lượng xay xát (Peng & cs., 2020).

Tại Việt Nam, nguồn gen lúa bản địa và các giống lúa màu khá phong phú,

tạo tiềm năng lớn cho phát triển các sản phẩm gạo lứt có giá trị dinh dưỡng cao. Nhiều giống lúa như TĐ1, NCT-30, Khẩu cẩm panh, Ngua cẩm, Lúa cẩm, Nếp cẩm ĐH6 và Cẩm tuyến đã được ghi nhận có sự khác biệt đáng kể về hàm lượng hợp chất phenolic và chất lượng cảm quan của cơm, trong đó TĐ1 và Nếp cẩm ĐH6 được đánh giá có triển vọng ứng dụng trong sản xuất gạo lứt (Trần Thị Thu Hương & cs., 2017; Lương Thị Kim Loan & cs., 2022). Ở Đồng bằng sông Cửu Long, các giống OM5451, OM6979 và OM1532 được xác định phù hợp cho sản xuất gạo lứt nảy mầm giàu  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA), trong khi giống japonica J02 cho thấy hàm lượng protein và lipids cao trong gạo lứt (Vu & cs., 2023). Tuy nhiên, các nghiên cứu trong nước hiện vẫn còn phân tán và chủ yếu tập trung vào đánh giá chất lượng dinh dưỡng hoặc công nghệ chế biến, trong khi các chương trình chọn giống chuyên biệt cho gạo lứt vẫn còn hạn chế.

Tổng hợp các kết quả nghiên cứu cho thấy khoảng trống hiện nay không nằm ở việc thiếu dữ liệu về thành phần dinh dưỡng của gạo lứt, mà chủ yếu ở việc thiếu các hệ thống giống chuyên dụng cùng bộ tiêu chí đánh giá chuẩn hóa dành riêng cho sản phẩm gạo lứt, bao gồm hàm lượng phenolic, anthocyanin,  $\gamma$ -oryzanol, GABA, cấu trúc tinh bột và mức độ chấp nhận cảm quan của người tiêu dùng. Việc phân lớn sản phẩm gạo lứt trên thị trường vẫn dựa trên các giống lúa được chọn tạo cho gạo trắng cao cấp phản ánh hạn chế trong định hướng chọn giống hiện nay (Paramee & Panpipat, 2022; Imarc Group, 2024). Vì vậy, việc tái định hướng các chương trình chọn tạo giống theo hướng chuyên biệt cho gạo lứt, kết hợp khai thác nguồn gen bản địa giàu hợp chất sinh học với các công cụ di truyền hiện đại, được xem là hướng tiếp cận quan trọng nhằm nâng cao đồng thời giá trị dinh dưỡng, chất lượng cảm quan và giá trị thương mại của gạo Việt Nam trong bối cảnh nhu cầu thực phẩm chức năng ngày càng gia tăng trên thị trường quốc tế.

## **2.6. MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM KHÍ TƯỢNG CỦA KHU VỰC TÂY BẮC VIỆT NAM**

### **2.6.1. Đặc điểm khí hậu chung khu vực Tây Bắc**

Khu vực Tây Bắc Việt Nam thuộc vùng núi phía Bắc và chịu ảnh hưởng của hệ thống khí hậu nhiệt đới gió mùa châu Á. Sự tương tác giữa hoàn lưu gió mùa Đông Á với địa hình núi cao và bị chia cắt mạnh của dãy Hoàng Liên Sơn đã tạo nên sự phân hóa khí hậu rõ rệt theo không gian và độ cao trong toàn vùng. Mùa

mưa thường bắt đầu từ tháng 5 và kéo dài đến tháng 10, chiếm phần lớn lượng mưa năm, trong khi mùa khô lạnh kéo dài từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Sự khởi phát và biến động của mùa mưa ở Việt Nam chịu ảnh hưởng của hoàn lưu gió mùa kết hợp với điều kiện địa hình phức tạp, làm cho lượng mưa phân bố không đồng đều giữa các khu vực trong vùng (Nachiketa & Basnet, 2021, Quan & cs., 2023).

Chế độ mưa tại khu vực Tây Bắc chịu ảnh hưởng mạnh của hệ thống gió mùa châu Á và đặc điểm địa hình núi cao, làm cho lượng mưa phân bố không đồng đều giữa các tiểu vùng. Trong những năm gần đây, các nghiên cứu khí hậu cho thấy tần suất và cường độ các sự kiện mưa cực đoan tại miền Bắc Việt Nam có xu hướng gia tăng, làm tăng nguy cơ lũ quét, sạt lở đất và rủi ro đối với sản xuất nông nghiệp ở khu vực miền núi (Quan & cs., 2023).

Nhiệt độ không khí trong khu vực Tây Bắc biến động mạnh theo độ cao địa hình. Các khu vực thung lũng và bồn địa thường có nền nhiệt cao hơn so với các khu vực cao nguyên và vùng núi cao. Những khu vực lòng chảo như Điện Biên có biên độ nhiệt ngày - đêm lớn do đặc điểm địa hình tương đối kín, dẫn đến sự tích tụ nhiệt vào ban ngày và quá trình tỏa nhiệt nhanh vào ban đêm. Phân tích chuỗi số liệu khí tượng trong những năm gần đây cho thấy xu thế gia tăng nhiệt độ trung bình năm tại khu vực Tây Bắc, phản ánh tác động ngày càng rõ của biến đổi khí hậu đối với khu vực miền núi phía Bắc (Ngo & cs., 2024, Do Xuan Duc, 2025).

Bức xạ mặt trời và số giờ nắng trong khu vực cũng có sự khác biệt đáng kể giữa các dạng địa hình. Các thung lũng và bồn địa thường có số giờ nắng cao hơn do ít chịu ảnh hưởng của mây và sương mù, trong khi các khu vực cao nguyên và vùng núi cao thường xuất hiện mây mù nhiều hơn, làm giảm cường độ bức xạ mặt trời. Những khác biệt về điều kiện bức xạ này góp phần hình thành các tiểu vùng vi khí hậu đặc trưng trong khu vực và ảnh hưởng đến điều kiện sinh trưởng của cây trồng.

Chế độ mưa trong khu vực mang đặc trưng rõ rệt của khí hậu gió mùa. Lượng mưa năm tập trung chủ yếu trong mùa mưa và có sự biến động lớn giữa các năm. Tác động kết hợp giữa gió mùa Tây Nam và hiệu ứng nâng địa hình của các dãy núi cao làm gia tăng các trận mưa lớn cục bộ tại các tỉnh Điện Biên, Lai Châu và Sơn La, từ đó làm tăng nguy cơ xảy ra lũ quét và sạt lở đất trong mùa mưa (Nachiketa & Basnet, 2021). Những biến động khí hậu này cũng làm gia tăng rủi ro đối với sản xuất nông nghiệp và sinh kế của cộng đồng địa phương, đặc biệt tại các khu vực phụ

thuộc nhiều vào nông nghiệp như tỉnh Điện Biên (Ngo & cs., 2024).

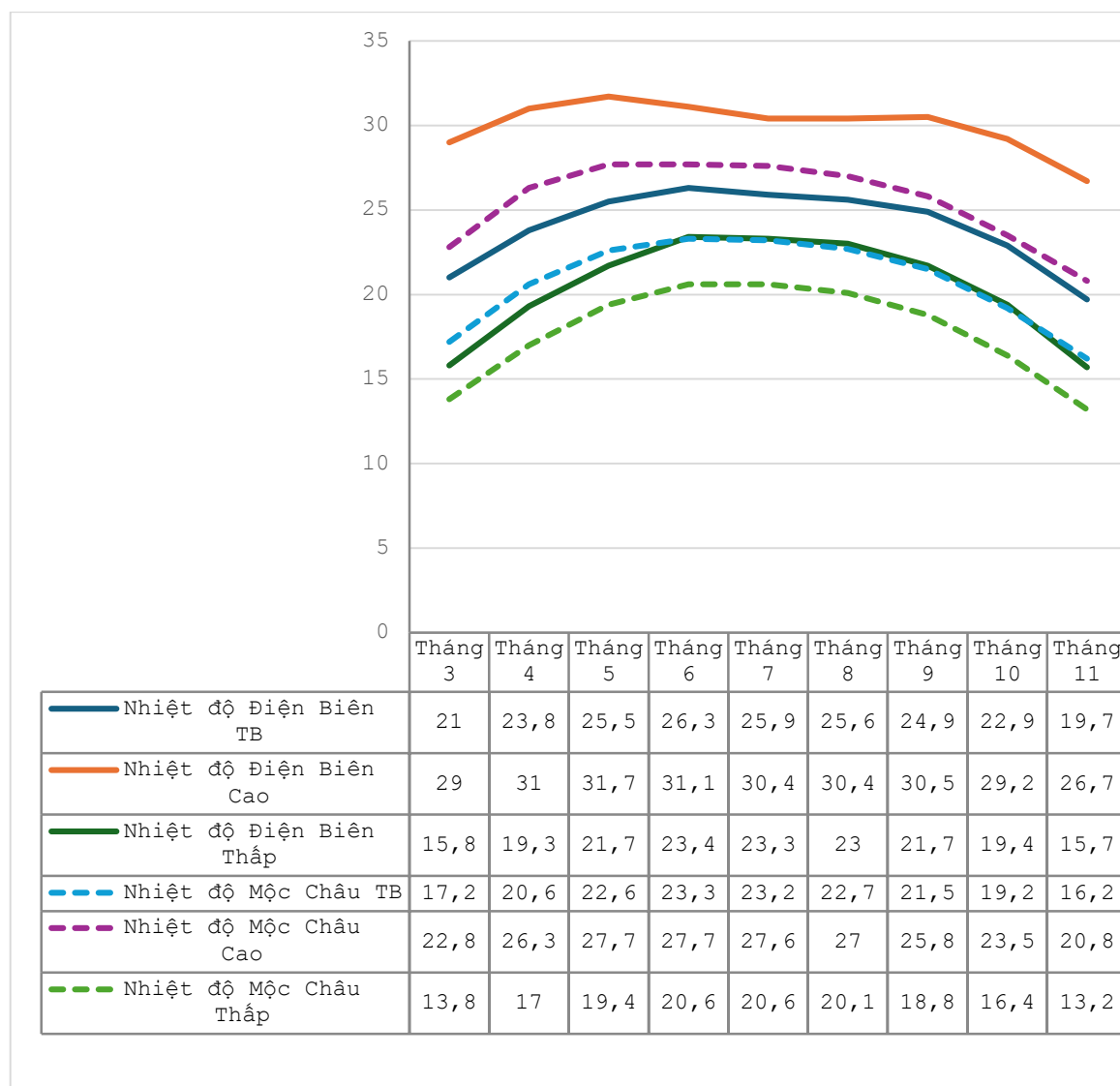
Trong nội vùng Tây Bắc, điều kiện khí hậu thường được phân chia thành hai tiểu vùng chính là Bắc Tây Bắc và Nam Tây Bắc. Bắc Tây Bắc bao gồm các tỉnh Lai Châu, Điện Biên và phần phía bắc tỉnh Sơn La, nơi có địa hình núi cao và bị chia cắt mạnh với nhiều dãy núi cao trên 2.000 m. Do ảnh hưởng của độ cao lớn, nhiệt độ trung bình năm tại khu vực này thấp hơn so với các khu vực khác trong vùng và mùa đông thường lạnh hơn. Ngược lại, Nam Tây Bắc bao gồm phần phía nam tỉnh Sơn La và tỉnh Hòa Bình, nơi có địa hình thấp hơn và nền nhiệt cao hơn. Khu vực này chịu ảnh hưởng rõ hơn của gió mùa Tây Nam trong mùa hè và có điều kiện khí hậu ẩm hơn trong mùa đông so với Bắc Tây Bắc. Sự khác biệt về địa hình và độ cao giữa hai tiểu vùng đã tạo nên sự phân hóa khí hậu rõ rệt trong khu vực Tây Bắc (Do Xuan Duc, 2025).

Trong phạm vi nghiên cứu của đề tài, hai địa điểm thí nghiệm là Điện Biên và Mộc Châu đại diện cho hai điều kiện khí hậu khác nhau trong khu vực Tây Bắc. Điện Biên nằm trong bồn địa Nậm Rốm với độ cao khoảng 400 - 500 m so với mực nước biển và thuộc tiểu vùng Bắc Tây Bắc, nơi có nền nhiệt cao và biên độ nhiệt ngày - đêm lớn. Trong khi đó, Mộc Châu (Sơn La) nằm trên cao nguyên với độ cao khoảng 1.000 - 1.050 m và thuộc tiểu vùng Nam Tây Bắc, có nền nhiệt thấp hơn và khí hậu mát hơn so với các khu vực thung lũng thấp. Sự khác biệt về địa hình và độ cao giữa hai khu vực này tạo nên những điều kiện vi khí hậu khác nhau, từ đó có thể ảnh hưởng đến sinh trưởng, phát triển cũng như năng suất và chất lượng của cây lúa trong các điều kiện sinh thái khác nhau.

#### **2.6.2. Đặc điểm khí tượng năm 2021 tại khu vực nghiên cứu**

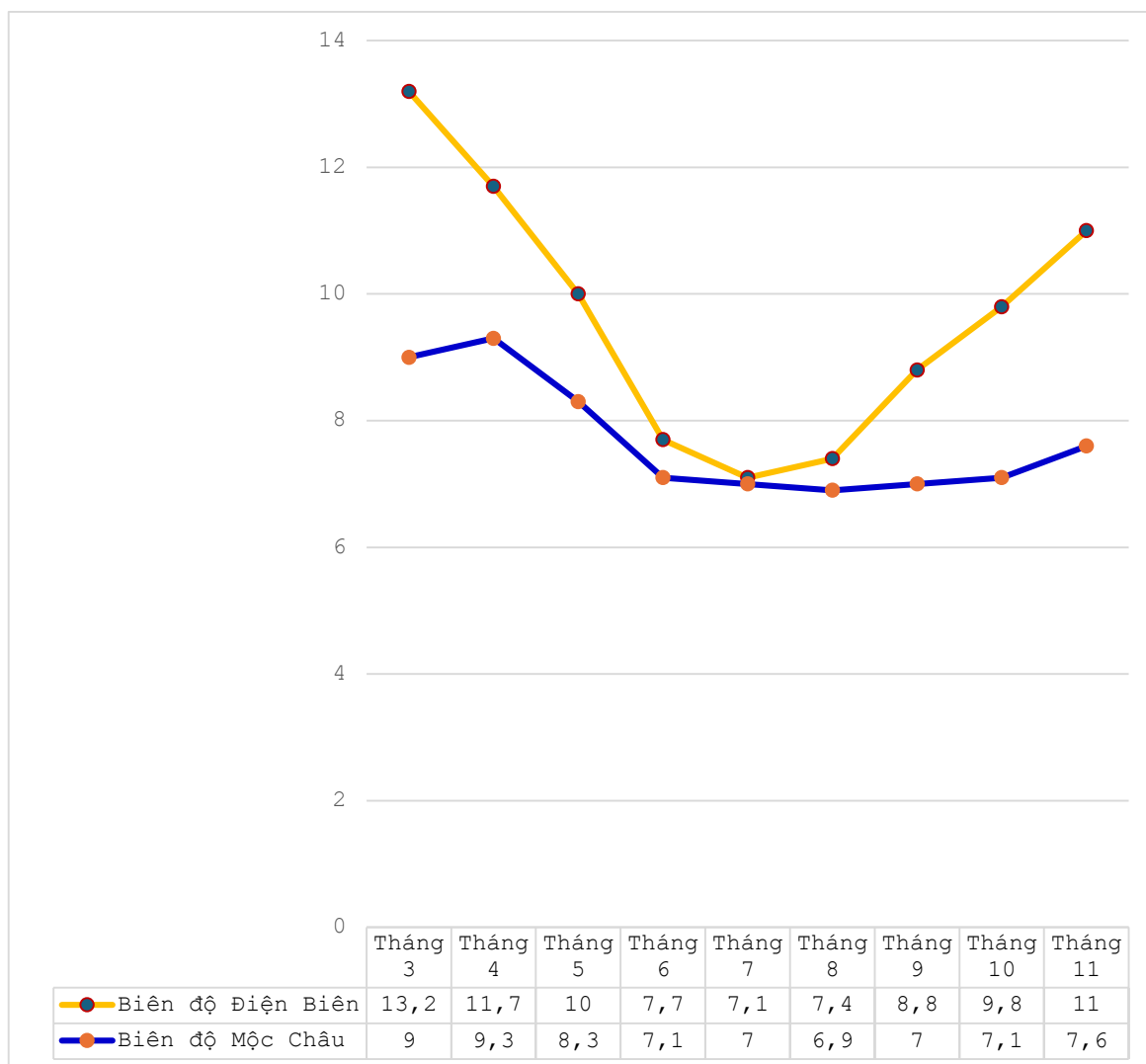
Về nhiệt độ, trong giai đoạn thí nghiệm từ tháng 3 đến tháng 11 (Hình 4.4), nhiệt độ trung bình tại Điện Biên đạt 22,2°C, cao hơn Mộc Châu khoảng 3,4°C. Nhiệt độ tối cao và tối thấp tại Điện Biên cũng cao hơn so với Mộc Châu lần lượt 5,0°C và 2,7°C. Đồng thời, biên độ nhiệt ngày - đêm tại Điện Biên đạt 10,1°C, cao hơn so với Mộc Châu (7,8°C). Sự khác biệt này phản ánh đặc điểm khí hậu của hai dạng địa hình khác nhau trong khu vực Tây Bắc. Điện Biên nằm trong bồn địa Nậm Rốm với độ cao thấp hơn nên nền nhiệt cao hơn và dao động nhiệt ngày - đêm lớn hơn. Ngược lại, Mộc Châu nằm trên cao nguyên với độ cao lớn hơn nên có điều kiện khí hậu mát hơn và biên độ nhiệt nhỏ hơn. Trong sinh lý cây lúa, nhiệt độ có vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh cân bằng giữa quá trình quang hợp

và hô hấp. Khi nhiệt độ tăng, cường độ hô hấp thường tăng nhanh hơn so với quang hợp, từ đó có thể làm giảm hiệu quả tích lũy chất khô của cây (Yoshida, 1981).



**Hình 2.3. Diễn biến nhiệt độ các tháng thực hiện thí nghiệm trong năm 2021 tại Mộc Châu và Điện Biên Phủ**

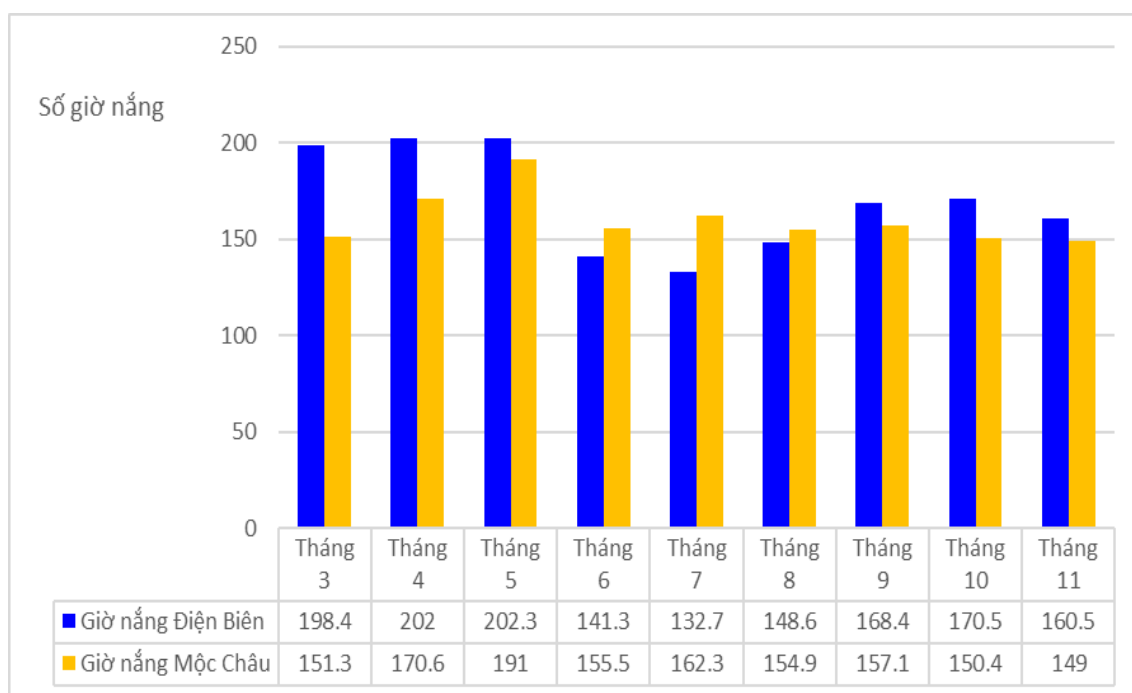
Biên độ nhiệt ngày - đêm là một yếu tố khí tượng có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình sinh trưởng và tích lũy vật chất của cây lúa (Hình 2.4). Biên độ nhiệt lớn thường tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình quang hợp vào ban ngày do nhiệt độ cao, đồng thời nhiệt độ thấp hơn vào ban đêm giúp giảm cường độ hô hấp, từ đó nâng cao hiệu quả tích lũy chất đồng hóa trong cây. Ngược lại, khi nhiệt độ ban đêm duy trì ở mức cao, cường độ hô hấp tăng có thể làm giảm hiệu quả sử dụng sản phẩm quang hợp và ảnh hưởng đến quá trình tích lũy vật chất của cây lúa (Yoshida, 1981).



**Hình 2.4. Biên độ nhiệt độ các tháng thực hiện thí nghiệm trong năm 2021 tại Mộc Châu và Điện Biên Phủ**

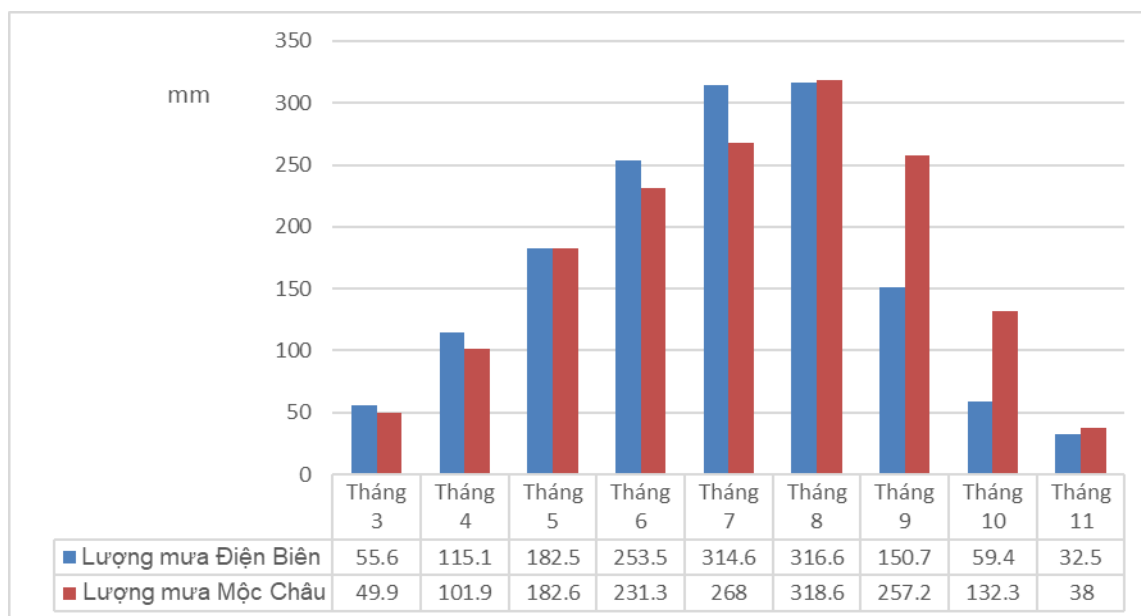
Về bức xạ, tổng số giờ nắng tại Điện Biên đạt 2.025,4 giờ, cao hơn Mộc Châu khoảng 174,3 giờ. Lượng bức xạ cao trong giai đoạn đầu vụ (tháng 3 - 5) tạo điều kiện thuận lợi cho sự hình thành diện tích lá và thiết lập hoạt động quang hợp của quần thể lúa. Bức xạ mặt trời là nguồn năng lượng cơ bản cho quá trình quang hợp và quyết định khả năng cố định  $\text{CO}_2$  cũng như tích lũy vật chất khô của cây lúa. Khi bức xạ đầy đủ và nhiệt độ nằm trong khoảng thích hợp, quá trình đồng hóa carbon được duy trì ở mức cao, tạo điều kiện thuận lợi cho tích lũy sinh khối và hình thành năng suất (Yoshida, 1981). Tuy nhiên, hiệu suất tích lũy carbon của cây còn phụ thuộc vào sự cân bằng giữa quá trình đồng hóa và hô hấp. Khi nhiệt độ tăng cao, cường độ hô hấp cũng tăng theo, làm giảm hiệu suất tích lũy carbon nếu vượt quá ngưỡng tối ưu.





**Hình 2.5. Số giờ nắng các tháng thực hiện thí nghiệm trong năm 2021 tại Mộc Châu và Điện Biên Phủ**

Lượng mưa năm 2021 tại hai địa điểm thí nghiệm phân bố theo quy luật mùa mưa đặc trưng của khu vực Tây Bắc, tập trung chủ yếu từ tháng 5 đến tháng 9. Tổng lượng mưa tích lũy trong giai đoạn tháng 3 - 11 tại Mộc Châu đạt 1.640,4 mm, cao hơn Điện Biên khoảng 66,9 mm. Tuy nhiên, sự khác biệt giữa hai khu vực không chỉ nằm ở tổng lượng mưa mà còn ở cấu trúc phân bố theo thời gian. Tại Điện Biên, lượng mưa tập trung cao trong các tháng 6 - 8 với lượng mưa đạt khoảng 253,5 - 316,6 mm/tháng, trùng với giai đoạn làm đòng và trổ của cây lúa. Mưa lớn kéo dài trong giai đoạn này có thể làm giảm bức xạ quang hợp hữu hiệu do che phủ mây, đồng thời làm tăng nguy cơ đổ ngã và rửa trôi dinh dưỡng trong ruộng lúa. Trong khi đó, tại Mộc Châu, lượng mưa có xu hướng phân bố dàn trải hơn và đạt đỉnh muộn vào tháng 9, đồng thời duy trì lượng mưa tương đối cao đến tháng 10, tạo điều kiện ẩm độ kéo dài trong giai đoạn tích lũy vật chất khô của cây lúa. Các nghiên cứu gần đây cũng cho thấy xu thế biến động không gian và thời gian của nhiệt độ và lượng mưa tại khu vực Tây Bắc ngày càng gia tăng dưới tác động của biến đổi khí hậu (Do Xuan Duc, 2025).



**Hình 2.6. Lượng mưa các tháng trong năm 2021 tại Mộc Châu và Điện Biên Phủ**

Tổng hợp các yếu tố khí hậu cho thấy Điện Biên có nền nhiệt cao hơn, biên độ nhiệt ngày - đêm lớn và tổng số giờ nắng cao hơn so với Mộc Châu, trong khi Mộc Châu có khí hậu mát hơn và lượng mưa phân bố kéo dài hơn về cuối vụ. Những khác biệt này tạo nên các điều kiện sinh thái khác nhau giữa hai địa điểm nghiên cứu, từ đó có thể ảnh hưởng đến sinh trưởng, phát triển, khả năng tích lũy vật chất cũng như năng suất và chất lượng gạo của các giống lúa trong thí nghiệm.

## 2.7. NHẬN XÉT CHUNG TỪ TỔNG QUAN TÀI LIỆU

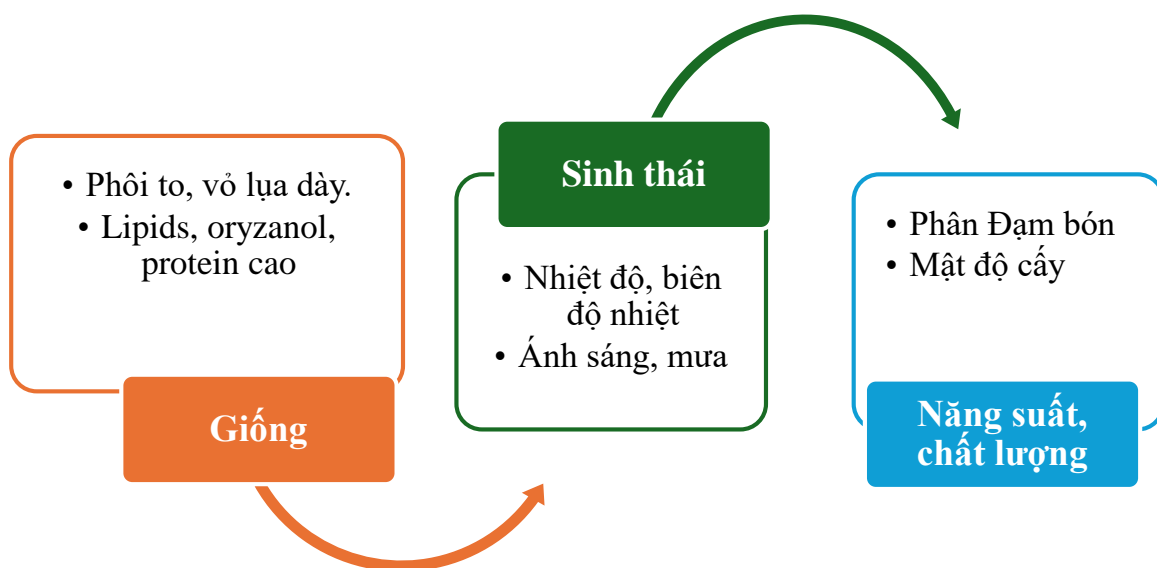
Các nghiên cứu trong và ngoài nước cho thấy giá trị dinh dưỡng và chất lượng của gạo lứt được quyết định chủ yếu bởi sự hiện diện và đặc điểm của các cấu trúc hạt như phôi, lớp aleurone. Phôi và lớp aleurone là nơi tập trung phần lớn lipids,  $\gamma$  - oryzanol, hợp chất phenolic và vitamin, do đó sự khác biệt về kích thước phôi, độ dày lớp aleurone giữa các kiểu gen lúa dẫn đến sự sai khác rõ rệt về hàm lượng các hợp chất chức năng và hoạt tính chống oxy hóa của gạo lứt.

Bên cạnh yếu tố di truyền, nhiều bằng chứng cho thấy năng suất và chất lượng gạo lứt chịu tác động mạnh của điều kiện môi trường và các biện pháp canh tác. Sự thay đổi về nhiệt độ, bức xạ và điều kiện sinh thái giữa các vùng sản xuất có thể làm thay đổi quá trình tích lũy chất khô, phân bố carbon - nitơ trong hạt, từ đó ảnh hưởng đến hàm lượng protein, lipids và các hợp chất sinh học trong gạo lứt. Đồng thời, lượng phân đạm và mật độ cấy chi phối cấu trúc tán lá, khả năng

quang hợp và cân bằng nguồn - sức chứa, qua đó tác động gián tiếp đến quá trình hình thành năng suất và chất lượng hạt.

Tuy nhiên, tại Việt Nam, phần lớn các nghiên cứu về gạo lứt mới dừng lại ở đánh giá đơn lẻ về thành phần dinh dưỡng hoặc tập trung vào một số giống lúa thương mại, trong khi các giống lúa nếp bản địa, đặc biệt là nhóm nếp lứt khu vực Tây Bắc, vẫn chưa được nghiên cứu một cách hệ thống dưới góc độ kết hợp giữa đặc điểm nông sinh học, cấu trúc hạt và các yếu tố canh tác. Ngoài ra, các thông tin về phản ứng của các giống lúa này đối với sự khác biệt vùng sinh thái, lượng phân đạm và mật độ cây còn thiếu các phân tích mang tính cơ chế.

Do đó, việc nghiên cứu đánh giá toàn diện đặc điểm nông sinh học, năng suất và chất lượng gạo lứt của các giống lúa nếp bản địa và giống lúa mới có tiềm năng sản xuất gạo lứt, đồng thời làm rõ tác động của vùng sinh thái và các biện pháp canh tác đến quá trình hình thành năng suất và tích lũy các hợp chất chức năng trong hạt, là cần thiết nhằm tạo cơ sở khoa học cho công tác chọn giống và xây dựng quy trình sản xuất gạo lứt theo hướng nâng cao giá trị và tính bền vững.



**Hình 2.7. Sơ đồ mối quan hệ giữa kiểu gen, môi trường, kỹ thuật canh tác và chất lượng gạo lứt**

### PHẦN 3. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

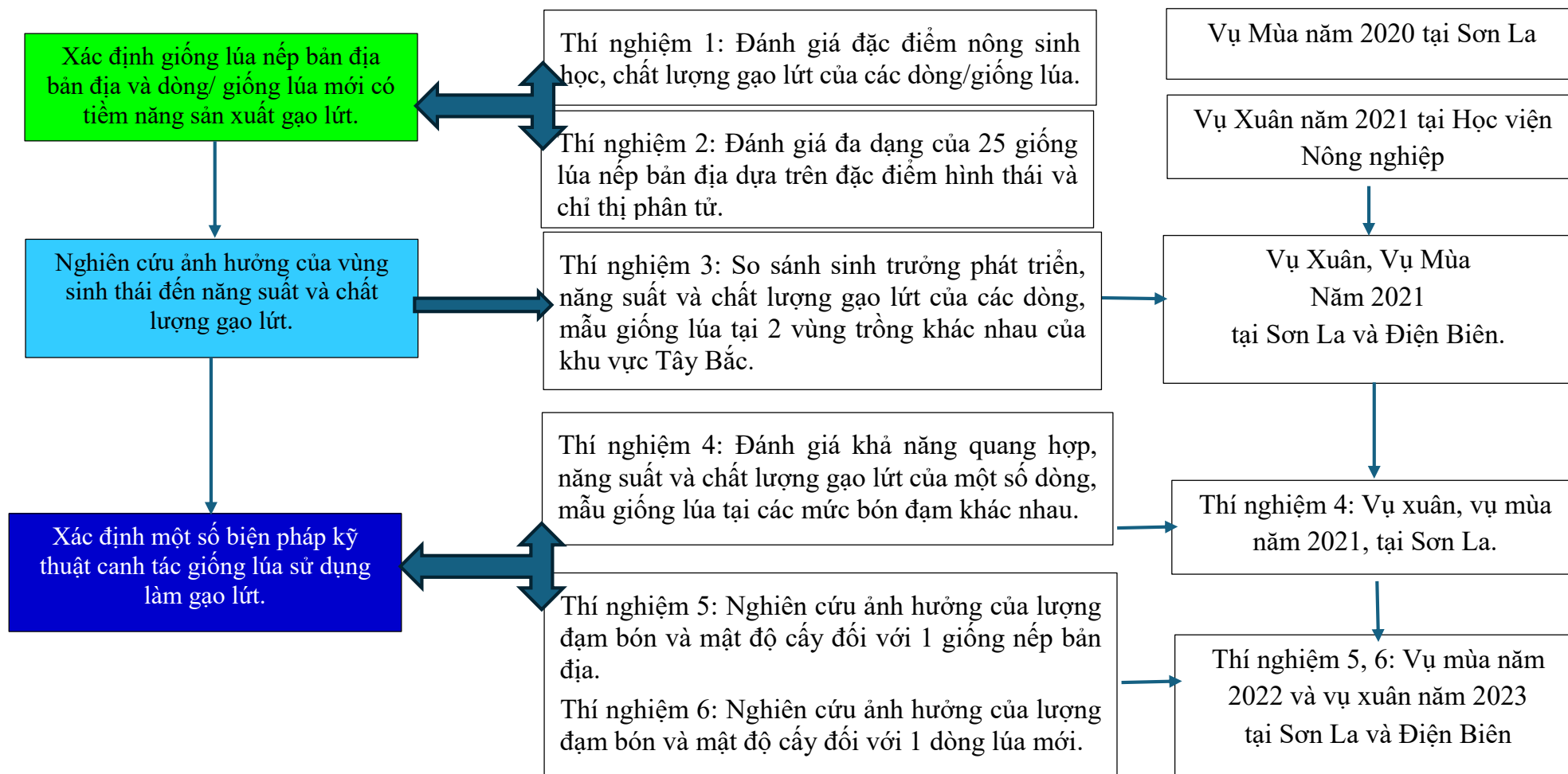
#### 3.1. VẬT LIỆU NGHIÊN CỨU

Vật liệu gồm 28 dòng, mẫu giống lúa trong đó: 25 mẫu giống nếp trắng bản địa được trồng trên ruộng nước (mẫu giống bản địa) và 3 dòng lúa mới chọn tạo gồm: Ja 12, Ja 23, Ja 35. Các mẫu giống bản địa được thu thập tại khu vực Tây Bắc gồm các tỉnh: Sơn La, Điện Biên, Lai Châu. Các dòng lúa mới được chọn tạo bởi Học viện Nông nghiệp Việt Nam, là sản phẩm của phép lai giữa mẫu giống có vỏ lụa dày LO1050 với mẫu giống có phôi to MGE 13 ở thể hệ BC3F8 (Thông tin các mẫu giống tại Phụ lục 1).

**Bảng 3.1. Danh sách các dòng, mẫu giống lúa phục vụ nghiên cứu**

STT	Ký hiệu dòng, mẫu giống	Tên thường gọi	Địa điểm thu thập, chọn tạo
1	NDB1	Nếp Tan	Xã Na Son, Điện Biên
2	NDB2	Nếp Tan	Xã Mường Phăng, Điện Biên
3	NDB3	Nếp Điện Biên	Xã Thanh An, Điện Biên
4	NLC1	Nếp Tan	Xã Pắc Ta, Lai Châu
5	NLC2	Nếp Tan	Xã Mường So, Lai Châu
6	NLC3	Tan Pôm	Xã Mường Kim, Lai Châu
7	NLC4	Tan Pôm	Xã Mường Kim, Lai Châu
8	NSL1	Nếp Tan	Xã Mường La, Sơn La
9	NSL2	Nếp Tan	Xã Mường Chanh, Sơn La
10	NSL3	Tan Vàng	Xã Mai Sơn, Sơn La
11	NSL4	Nếp Sơn La	Xã Sốp Cộp, Sơn La
12	NSL5	Tan Hìn	Xã Sốp Cộp, Sơn La
13	NSL6	Tan Pụa	Xã Sốp Cộp, Sơn La
14	NSL7	Tan Lanh	Xã Sốp Cộp, Sơn La
15	NSL8	Tan Đỏ	Xã Sốp Cộp, Sơn La
16	NSL9	Tan Lương	Xã Sốp Cộp, Sơn La
17	NSL10	Tan Hoa	Xã Huổi Một, Sơn La
18	NSL11	Tan Lanh	Xã Huổi Một, Sơn La
19	NSL12	Tan Thơm	Xã Huổi Một, Sơn La
20	NSL13	Tan Lương	Xã Huổi Một, Sơn La
21	NSL14	Tan Trắng	Xã Bình Thuận, Sơn La
22	NSL15	Tan Lồng	Xã Bình Thuận, Sơn La
23	NSL16	Tan Nhe	Xã Yên Sơn, Sơn La
24	NSL17	Tan Vàng	Xã Yên Sơn, Sơn La
25	NSL18	Tan Đỏ	Xã Yên Sơn, Sơn La
26	Ja 12	Japonica 12	Học viện Nông nghiệp Việt Nam
27	Ja 23	Japonica 23	Học viện Nông nghiệp Việt Nam
28	Ja 35	Japonica 35	Học viện Nông nghiệp Việt Nam

### 3.2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU



Hình 3.1. Sơ đồ hệ thống các nội dung triển khai của luận án

### **3.2.1. Nội dung 1: Xác định mẫu giống lúa nếp bản địa và dòng lúa mới có tiềm năng sản xuất gạo lứt**

Đánh giá đặc điểm nông sinh học, chất lượng gạo lứt của các dòng/ mẫu giống lúa.

Đánh giá đa dạng di truyền của 25 mẫu giống lúa nếp bản địa.

### **3.2.2. Nội dung 2: Nghiên cứu ảnh hưởng của vùng sinh thái đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng gạo lứt của các dòng, mẫu giống lúa làm gạo lứt**

Đánh giá khả năng sinh trưởng phát triển, năng suất và chất lượng gạo lứt của các dòng, mẫu giống lúa tại 2 vùng trồng khác nhau của khu vực Tây Bắc.

### **3.2.3. Nội dung 3: Xác định một số biện pháp kỹ thuật canh tác giống lúa sử dụng làm gạo lứt.**

- Đánh giá ảnh hưởng của mức đạm bón đến năng suất và chất lượng của các mẫu giống lúa trong nhà lưới.

- Xác định ảnh hưởng của lượng đạm bón và mật độ cây đến sinh trưởng, năng suất của mẫu giống lúa sử dụng làm gạo lứt

## **3.3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **3.3.1. Bố trí các thí nghiệm**

#### **3.3.1.1. Thí nghiệm 1: Đánh giá đặc điểm nông học của các dòng/ mẫu giống lúa**

a) *Vật liệu*: Thí nghiệm thực hiện trên 28 dòng, mẫu giống lúa theo danh sách các tại Bảng 3.1.

b) *Thời gian, địa điểm*: Thí nghiệm thực hiện năm 2020 tại Trường Đại học Tây Bắc.

c) *Bố trí thí nghiệm*: Thí nghiệm được thiết kế kiểu tuần tự không lặp. Diện tích 1 ô thí nghiệm 10 m<sup>2</sup> (5 và 2 m). Tổng diện tích thí nghiệm cả dải bảo vệ là 500 m<sup>2</sup>.

#### **3.3.1.2. Thí nghiệm 2: Xác định đa dạng di truyền của các mẫu giống lúa nếp bản địa bằng chỉ thị phân tử và đặc điểm hình thái, chất lượng**

a) *Xác định đa dạng về kiểu hình bằng các đặc điểm hình thái, sinh hoá*

Kết quả của thí nghiệm 1 được sử dụng để đánh giá đa dạng về kiểu hình của 25 mẫu giống lúa bản địa.

b) Xác định đa dạng di truyền về kiểu gen bằng chỉ thị phân tử

\* Mẫu giống lúa và các chỉ thị: 25 mẫu giống lúa nếp bản địa (Danh sách mẫu giống tại Bảng 3.2) và 35 chỉ thị được sử dụng để phân tích đa dạng di truyền.

**Bảng 3.2. Danh sách 35 chỉ thị SSR**

Mỗi	Nhiễm sắc thể	Vị trí di truyền	Nhiệt độ bắt cặp	Số chu kỳ PCR	Kích thước sản phẩm (bp)
RM495*	1	2,8	55	30	100-160
RM283*	1	31,4	61	30	140-200
RM237*	1	115,2	55	30	150-220
RM431*	1	178,3	55	30	180-260
RM154*	2	4,8	61	30	140-200
RM452*	2	58,4	61	30	150-230
OSR13*	3	53,1	53	40	120-200
RM338*	3	108,4	55	40	200-280
RM514*	3	216,4	55	30	120-180
RM124*	4	150,1	67	30	140-210
RM507*	5	0	55	30	100-180
RM413*	5	26,7	53	30	200-300
RM161*	5	96,9	61	30	130-190
RM133*	6	0	63	30	150-250
RM162*	6	108,3	61	30	140-220
RM125*	7	24,8	63	30	120-180
RM455*	7	65,7	57	30	140-200
RM118*	7	96,9	67	30	150-230
RM408*	8	0	55	30	200-260
RM152*	8	9,4	53	40	120-200
RM44*	8	60,9	53	30	150-230
RM284*	8	83,7	55	30	140-210
RM433*	8	116	53	40	150-220
RM447*	8	124,6	55	30	140-210
RM316 $\alpha$	9	1,8	55	30	100-160
RM215*	9	99,4	55	30	140-200
RM271*	10	59,4	55	30	150-220
RM484*	10	97,3	55	30	180-260
RM536*	11	55,1	55	30	140-200
RM277*	12	57,2	55	30	150-230
RM307*	4	0	55	30	120-200
RM552*	11	40,6	55	30	200-280
RM19*	12	40,9	55	30	120-180
RM105*	9	32,1	63	30	140-210
RM474*	10	0	55	30	100-180

\* Thời gian, địa điểm: Thí nghiệm được thực hiện năm 2021 tại Trung tâm nghiên cứu cây trồng Việt Nam - Nhật Bản, Học viện Nông nghiệp Việt Nam.

\* Thu mẫu, tách chiết DNA và thực hiện phản ứng PCR:

### 3.3.1.3 Đánh giá, lựa chọn dòng, mẫu giống lúa

Kết quả phân tích, đánh giá đặc điểm nông học, đa dạng di truyền được sử dụng để tính điểm cho các dòng, mẫu giống dựa theo bảng sau:

**Bảng 3.3. Tiêu chí lựa chọn các mẫu giống lúa có tiềm năng sản xuất gạo lứt**

Tiêu chí	Mức độ	Điểm	Nguồn tham khảo
Hàm lượng lipids trong gạo	Thấp (1%)	1	Juliano & Tiaño, 2019
	Trung bình (1,5%)	2	
	Cao (>2%)	3	
Hàm lượng oryzanol	Thấp (<30 mg/100g)	1	Patel & Naik, 2004
	Trung bình - cao (30 - 50 mg/100g)	2	
	Rất cao (> 50 mg/100g)	3	
Hàm lượng Protein	Thấp (< 7,5 %)	1	Fabian & Ju, 2011
	Trung bình (7,5 - 9 %)	2	
	Cao (> 9% )	3	
Khối lượng phôi	Nhỏ (< 0,7 mg)	1	Sakata & cs., 2016; Khin & cs., 2015;
	To ( $\geq$ 0,7 mg)	2	
Độ dày vỏ lụa	Mỏng (<24 $\mu$ m)	1	Phạm Văn Cường & cs., 2021
	Dày ( $\geq$ 24 $\mu$ m)	2	
Tính cảm quang	Có	0	Mục tiêu đề tài.
	Không	1	

Tổng số điểm sau khi đánh giá từ cao đến thấp là căn cứ để lựa chọn 2 mẫu giống bản địa để tiến hành các thí nghiệm tiếp theo cùng 3 dòng lúa mới.

### 3.3.1.4. Thí nghiệm 3: Nghiên cứu ảnh hưởng của vùng trồng đến năng suất và chất lượng gạo lứt.

a) *Vật liệu*: Thí nghiệm thực hiện trên 2 mẫu giống lúa nếp bản địa gồm Nếp Sơn La (NSL4) và Nếp Điện Biên (NDB3), dòng Ja 12, dòng Ja 23 và dòng Ja 35 tại các vùng trồng khác nhau.

b) *Thời gian, địa điểm*: Thí nghiệm thực hiện trong vụ xuân và vụ mùa năm 2021 tại cánh đồng Mường Thanh (Phường Mường Thanh), tỉnh Điện Biên và cao nguyên Mộc Châu (Phường Mộc Châu), tỉnh Sơn La.

c) *Bố trí thí nghiệm*: Thí nghiệm bố trí theo kiểu khối ngẫu nhiên đầy đủ (RCBD) gồm 5 công thức (mỗi dòng, mẫu giống là 1 công thức) và 3 lần nhắc lại, kích thước 1 ô là 20 m<sup>2</sup>, tổng diện tích thí nghiệm tính cả dải bảo vệ là: 500 m<sup>2</sup>, khoảng cách giữa các lần nhắc là 0,5 m.



**3.3.1.5. Thí nghiệm 4: Nghiên cứu ảnh hưởng của lượng đạm bón đến quang hợp, năng suất và chất lượng gạo lứt trong nhà lưới tại Trường Đại học Tây Bắc.**

a) *Vật liệu:* Thí nghiệm được thực hiện trên 5 dòng, mẫu giống lúa gồm mẫu giống Nếp Sơn La 4, Nếp Điện Biên 3 và dòng Ja 12, Ja 23 và dòng Ja 35.

b) *Thời gian, địa điểm:* Thí nghiệm được thực hiện trong vụ xuân và vụ mùa năm 2021 trong nhà lưới tại Trường Đại học Tây Bắc, Thành phố Sơn La.

c) *Bố trí thí nghiệm:* Thí nghiệm bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên (RCD) với 5 lần nhắc lại, mỗi chậu được coi là một lần nhắc, tổng số chậu thí nghiệm là 360 chậu (tính cả chậu sử dụng để bảo vệ). Hạt mẫu giống được ngâm ủ đến khi nảy mầm và gieo vào khay trồng cây, khi cây mạ được 3 lá tiến hành nhổ cấy 1 dảnh vào 1 chậu đất đã được chuẩn bị sẵn, mỗi chậu có dung tích 10 lít ( $0,03 \text{ m}^2$ ), chứa 5 kg đất ruộng lấy tại xã Chiềng Ngần, Thành phố Sơn La.

Thí nghiệm gồm 3 công thức bón đạm là: Công thức 1 bón 0,5 g N/chậu (N1 - mức bón thấp); công thức 2 bón 1 g N/chậu (N2 - mức bón trung bình); công thức 3 bón 1,5 g N/ chậu (N3 - mức bón cao) có chung nền phân bón gồm: 10g phân vi sinh sông Gianh + 0,5g  $\text{P}_2\text{O}_5$  + 0,5g  $\text{K}_2\text{O}$  + 10 g vôi bột/chậu.

**3.3.1.6. Thí nghiệm 5: Nghiên cứu ảnh hưởng của lượng đạm bón và mật độ cấy đến sinh trưởng, năng suất của mẫu giống lúa Nếp Điện Biên 3**

a) *Vật liệu:* mẫu giống lúa Nếp Điện Biên 3

b) *Thời gian, địa điểm:* Thời gian và địa điểm: Thí nghiệm được thực hiện trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023 tại 2 địa điểm tại thành phố Điện Biên Phủ, Điện Biên và huyện Mộc Châu, Sơn La.

c) *Bố trí thí nghiệm:* Thí nghiệm được bố trí theo kiểu ô lớn, ô nhỏ với 3 lần nhắc, trong đó ô lớn có diện tích  $200 \text{ m}^2$ , mỗi ô nhỏ có diện tích  $50 \text{ m}^2$ , tổng diện tích thí nghiệm là  $2000 \text{ m}^2$  không tích dãi bảo vệ. Ô lớn là lượng Đạm bón với 3 mức tổ hợp phân bón NPK ký hiệu lần lượt là N1, N2, N3 tương ứng với mức 45N: 90  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 90  $\text{K}_2\text{O}$  kg/ha; 90N: 90  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 90  $\text{K}_2\text{O}$  kg/ha; 135N: 90  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 90  $\text{K}_2\text{O}$  kg/ha. Ô nhỏ là mật độ cấy với 3 mức mật độ (ký hiệu lần lượt là M1, M2 và M3) tương ứng với các mật độ là 33, 40 và 50 khóm/ $\text{m}^2$ , cấy 3 dảnh/khóm.

Ô lớn của thí nghiệm được đắp bờ ngăn cách, bờ được gia cố bằng tấm nhựa có chiều cao 20 cm, cắm chìm sâu 10 cm trong đất. Số tổ hợp công thức thí nghiệm là 9 công thức.

### **3.3.1.6. Thí nghiệm 6: Nghiên cứu ảnh hưởng của lượng đạm bón và mật độ cấy đến sinh trưởng, năng suất của dòng lúa Ja 35**

- a) *Vật liệu:* Dòng lúa Ja 35
- b) *Thời gian, địa điểm:* Tương tự thí nghiệm 5
- c) *Bố trí thí nghiệm:* Tương tự thí nghiệm 5
- d) *Các chỉ tiêu theo dõi:* Tương tự thí nghiệm 5

### **3.3.2. Biện pháp kỹ thuật áp dụng**

a) *Đối với thí nghiệm 1,3:* Thí nghiệm bố trí cây mật độ 40 khóm/m<sup>2</sup>, cây hàng cách hàng 25 cm, cây cách cây 10 cm, cây 3 dảnh mạ/khóm. Lượng phân bón cho cả thí nghiệm: 10 tấn phân chuồng hoai mục + 90kg N + 90kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90kg K<sub>2</sub>O/ha, chia làm 3 lần để bón: Lần 1: Bón lót trước khi cấy 100% phân chuồng và phân lân + 20% N + 20% K<sub>2</sub>O. Lần 2: Bón thúc lần 1 (sau khi cây lúa hồi xanh, khoảng 5 - 10 ngày sau cấy tùy thời vụ) với lượng bón 50% N + 50% K<sub>2</sub>O. Lần 3: Bón thúc lần 2 (khoảng 15 ngày trước trổ để nuôi đòng) bón toàn bộ lượng phân còn lại. Từ khi cấy đến khi kết thúc đẻ nhánh, giữ mực nước trên ruộng từ 3 đến 5cm, khi kết thúc đẻ nhánh rút nước phơi ruộng từ 7 đến 10 ngày. Các giai đoạn sau, giữ mực nước không quá 10 cm. Làm cỏ, sục bùn: 2 lần, lần 1 khi lúa bén rễ hồi xanh kết hợp bón thúc lần 1; lần 2: sau làm cỏ, sục bùn lần 1 từ 10 đến 12 ngày, kết hợp bón thúc lần 2. Phòng trừ sâu bệnh và sử dụng thuốc bảo vệ thực vật theo hướng dẫn của ngành bảo vệ thực vật tại địa phương. Thu hoạch khi có khoảng 85 đến 90% số hạt trên bông đã chín. Trước khi thu hoạch mỗi mẫu giống lấy mẫu 10 khóm để đánh giá các chỉ tiêu trong phòng.

b) *Đối với thí nghiệm 2:*

*Thu mẫu:* Hạt của các 25 mẫu giống lúa được ngâm ủ nảy mầm và gieo trong khay. Khi cây có 4 lá thật lấy mẫu lá tươi để trong túi giấy và bảo quản ở 4°C trong thời gian 1 tuần để tách chiết DNA. Thí nghiệm sử dụng 35 chỉ thị SSR nằm trên 12 nhiễm sắc thể của bộ gen lúa và phân tích tại phòng thí nghiệm của Trung tâm nghiên cứu cây trồng Việt Nam - Nhật Bản, Học viện Nông nghiệp Việt Nam.

*Tách chiết DNA:* Cắt mẫu lá đã làm khô chân không bằng panh thành từng đoạn 0,5 - 4 cm vào ống 1,5 mL đã ghi sẵn tên mẫu giống; Nghiền mẫu bằng máy nghiền bi (bead shocker) ở 1800 vòng/phút, 60s, mỗi lần nghỉ 10s, lặp lại 2 lần; Thêm 600µl extraction buffer (10 mM Tris, pH 8.0; 1 mM EDTA, pH 8.0) (đã ủ ở 65°C) và đảo đều. Sau đó mang mẫu ủ ở 65°C trong 30 phút; Thêm 1/3 lượng 5M potassium

acetate so với thể thích dung dịch extraction buffer. Ủ mẫu vào tủ lạnh thời gian 30 phút; Ly tâm ở 12000 vòng/phút trong 15 phút ở 4°C; Carefully hút phần dung dịch phía trên (khoảng 400µl) sang ống eppendorf mới; Thêm lượng tương đương Isopropanol và đảo đều; Ly tâm ở 14000 vòng/phút trong 30 phút, ở 4°C; Đổ bỏ cẩn thận phần dung dịch phía trên, trach để dung dịch sang giếng khác và không làm rơi kết tủa; Rửa kết tủa bằng 200µl ethanol 70%, không lắc trộn chỉ nhỏ nhẹ nhàng; Ly tâm ở 14000 vòng/phút, trong 10 phút ở 4°C, đổ bỏ phần dung dịch phía trên; Loại bỏ hết ethanol ở nhiệt độ phòng hoặc ở 37°C; Thêm 100µl nước khử ion để hòa tan kết tủa DNA. Kiểm tra DNA tổng số thu được bằng cách điện di 20 phút ở 100V, sử dụng gel agarose 1% đã pha sẵn với ethidium bromide 1 µg/mL. Quan sát kết quả điện di dưới đèn UV và chụp ảnh.

*Phản ứng PCR:* Phản ứng PCR được thực hiện với bước biến tính ở 95°C trong 5 phút, tiếp theo là 35 chu kỳ, điều kiện cho mỗi chu kỳ tiếp theo như sau: biến tính ở 95°C trong 30 giây, gắn mồi ở 55°C tùy từng mồi trong 30 giây, kéo dài mạch ở 72°C trong 1 phút, kết thúc kéo dài mạch ở 72°C trong 7 phút. Giữ mẫu PCR ở nhiệt độ dưới 15°C. Sản phẩm PCR được điện di trên gel agarose 2% sử dụng loading dye có sẵn chất nhuộm DNA của hãng ABT Gelred ở hiệu điện thế 150V trong thời gian từ 40 phút.

\* *Ảnh điện di:* Quan sát kết quả điện di dưới đèn UV và chụp ảnh (Phụ lục 2).

*Đối với thí nghiệm 4:* Bón lót 100% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 100% vôi bột + 100% phân vi sinh + 20% N + 20% K<sub>2</sub>O, bón thúc lần 1 khi lúa đẻ nhánh với lượng 50% N + 50% K<sub>2</sub>O và toàn bộ lượng phân còn lại được bón khi cây bắt đầu phân hóa đồng.

*c) Đối với thí nghiệm 5,6:* Thí nghiệm bố trí cây hàng cách hàng 25 cm, cây cách cây 8 cm đối với mật độ 33 khóm/m<sup>2</sup>, 10 cm đối với mật độ 40 khóm/m<sup>2</sup> và 12 cm/khóm đối với mật độ 50 khóm/m<sup>2</sup>, cấy 3 dảnh mạ/khóm.

Lượng phân bón cho cả thí nghiệm: 10 tấn phân chuồng hoai mục + 45 kg N cho mức N1, 90kg N cho mức N2 và 135 kg N cho mức N3 + 90kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90kg K<sub>2</sub>O/ha, chia làm 3 lần để bón: Lần 1: Bón lót trước khi cấy 100% phân chuồng và phân lân + 20% N + 20% K<sub>2</sub>O. Lần 2: Bón thúc lần 1 (sau khi cây lúa hồi xanh, khoảng 5 - 10 ngày sau cấy tùy thời vụ) với lượng bón 50% N + 50% K<sub>2</sub>O. Lần 3: Bón thúc lần 2 (khoảng 15 ngày trước trổ để nuôi đồng) bón toàn bộ lượng phân còn lại.

Từ khi cấy đến khi kết thúc đẻ nhánh, giữ mực nước trên ruộng từ 3 đến 5cm, khi kết thúc đẻ nhánh rút nước phơi ruộng từ 7 đến 10 ngày. Các giai đoạn sau, giữ mực nước không quá 10 cm. Làm cỏ, sục bùn: 2 lần, lần 1 khi lúa bén rễ hồi xanh kết hợp bón thúc lần 1; lần 2: sau làm cỏ, sục bùn lần 1 từ 10 đến 12 ngày, kết hợp bón thúc lần.

Phòng trừ sâu bệnh và sử dụng thuốc bảo vệ thực vật theo hướng dẫn của ngành bảo vệ thực vật tại địa phương.

Thu hoạch khi có khoảng 85 đến 90% số hạt trên bông đã chín.

### 3.3.3. Các chỉ tiêu theo dõi

a) *Mô tả mẫu giống*: Thông tin và mô tả mẫu giống dựa theo biểu mẫu mô tả và đánh giá ban đầu nguồn gen lúa của Trung tâm tài nguyên thực vật, Viện KHNN Việt Nam (2012) và quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khảo nghiệm tính khác biệt, tính đồng nhất, tính ổn định của mẫu giống lúa QCVN 01-55: 2011/BNNPTNT gồm các chỉ tiêu sau:

b) *Nhóm chỉ tiêu sinh trưởng*:

- Thời gian sinh trưởng (ngày): Tính số ngày từ khi gieo đến khi chín được tính là 90 - 95% số hạt trên bông chín.
- Chiều cao cây: Đo từ mặt đất đến đỉnh bông cao nhất (không kể râu hạt).
- Kiểu đẻ nhánh, góc lá đồng, chiều dài lá đồng (cm), chiều rộng lá đồng (cm)
- Tổng số nhánh: Đếm tổng số nhánh/khóm, đếm vào giai đoạn chín sấp.

c) *Nhóm chỉ tiêu sinh lý*: Cường độ quang hợp được đo tại các thời kỳ trổ bông, chín sữa (7 ngày sau trổ) và chín sấp (14 ngày sau khi trổ bông) bằng máy đo cường độ quang hợp Lci - SD vào khoảng từ 8 - 10 giờ sáng trong điều kiện nhiệt độ 30°C - 35°C, nồng độ CO<sub>2</sub> là 360 - 370ppm, cường độ ánh sáng trung bình là 1.500  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{giây}$  và độ ẩm 60 - 70 %. Vị trí đo tại lá đồng trên thân chính cây lúa, mỗi chậu tương ứng 1 lần nhắc tiến hành đo 1 cây, đo tất cả các chậu cây trong thí nghiệm trong cùng 1 buổi.

- Chất khô tích lũy của cây ở các giai đoạn: Đẻ nhánh, trổ, chín sấp. Tại mỗi giai đoạn, chọn ở mỗi ô thí nghiệm chọn 10 cây lúa ngẫu nhiên theo 5 điểm chéo góc, cách bờ ít nhất 2 hàng lúa. Cắt toàn bộ phần trên mặt đất sau đo đem sấy khô trong túi giấy ở nhiệt độ 65°C và cân bằng cân điện tử để xác định khối lượng chất khô tích lũy. Khối lượng chất khô tích lũy được xác định vào các thời điểm: Đẻ nhánh hữu hiệu, trổ, chín sấp tương tự thí nghiệm 3.

Chỉ số SPAD đo vào các giai đoạn: Đẻ nhánh hữu hiệu, trổ, chín sấp, đo ở lá trên cùng của khóm lúa. Đo toàn bộ các chậu thí nghiệm.

*d) Nhóm chỉ tiêu các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất:* Trước khi thu hoạch chọn ngẫu nhiên 10 khóm/ô thí nghiệm để xác định các yếu tố cấu thành năng suất. Chọn 5 điểm chéo góc trong mỗi ô thí nghiệm bằng khung 1 và 1 m<sup>2</sup>, cách bờ 2 hàng lúa, gặt toàn bộ số khóm lúa trong ô để tính số bông/m<sup>2</sup>. Sau đó chọn 2 khóm/điểm để xác định chỉ tiêu: Số hạt chắc/bông, tỷ lệ hạt chắc, P<sub>1000</sub> hạt, năng suất cá thể (gram) và năng suất thực thu (Tuốt sạch hạt lúa, sàng sảy lọc bỏ hạt lép, dị vật, phơi khô và cân khối lượng lúa thu được ở độ ẩm 14% (tấn/ha).

*e) Nhóm chỉ tiêu gạo lứt gồm:*

Đặc điểm hạt gạo lứt: Mỗi dòng, mẫu giống chọn ngẫu nhiên 30 hạt chắc, mẫu không sâu bệnh để đánh giá các chỉ tiêu: Dài hạt gạo lứt (cm), Rộng hạt gạo lứt (cm), tỉ lệ dài/rộng hạt, khối lượng 1000 hạt (g), màu gạo lứt, tỉ lệ gạo lứt là tỷ lệ giữa trọng lượng gạo lứt trên trọng lượng hạt (%) (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2018).

Đặc điểm phôi hạt: Mỗi dòng, mẫu giống chọn ngẫu nhiên 30 hạt chắc mẫu, dung dao lam tách phôi hạt và chụp ảnh để đo kích thước phôi: chiều dài phôi (mm), chiều rộng phôi (mm) và cân khối lượng phôi hạt.

Độ dày của lớp cám được đánh bằng phương pháp cắt nửa hạt (Khin & cs., 2015) bằng kính hiển vi nổi có camera Olympus SZ61 (Olympus, Nhật Bản) và sử dụng phần mềm ImageJ để phân tích ảnh.

Chất lượng cơm lứt đánh giá dựa theo Theo tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8373:2010 do Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn công bố. Hội đồng đánh giá cảm quan cơm gồm 5 người bao gồm: giảng viên Khoa Nông Lâm, cán bộ Trung tâm thực hành thí nghiệm Trường Đại học Tây Bắc và người dân. Sau khi được lựa chọn, các thành viên được tập huấn làm quen với một số mẫu cơm để thống nhất các khái niệm, thuật ngữ và cách sử dụng thang điểm. Số mẫu được đánh giá cùng một lúc là 3 mẫu/dòng, mẫu giống. Mỗi mẫu thử tiến hành đồng thời ít nhất là hai lần.

Xác định hàm lượng lipids và  $\gamma$ -oryzanol: Lấy 500 gr gạo lứt của mỗi dòng, mẫu giống để xác định hàm lượng lipids trong hạt gạo và cám theo phương pháp chiết Soxhlet (López, 2020). Sau đó, lipids được chiết xuất được sử dụng để xác định hàm lượng  $\gamma$  - oryzanol bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao (Pallavi, 2017).

Xác định hàm lượng Protein: Hàm lượng protein trong hạt gạo lứt (500gr) của mỗi dòng, mẫu giống được xác định bằng phương pháp Dumas.

*f) Các chỉ tiêu sâu bệnh hại chính*

- Mức độ nhiễm sâu bệnh hại được xác định dựa theo bảng 3.4:

**Bảng 3.4. Đánh giá mức độ nhiễm sâu bệnh hại chính trên cây lúa**

Chỉ tiêu	Giai đoạn	Điểm	Mức độ biểu hiện	Phương pháp đánh giá
Bệnh đạo ôn hại lá	2 - 3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Không có vết bệnh Vết bệnh màu nâu hình kim châm ở giữa, chưa xuất hiện vùng sản sinh bào tử Vết bệnh nhỏ, tròn hoặc hơi dài, đường kính từ 1 mm đến 2 mm, có viền nâu rõ rệt, hầu hết lá dưới có vết bệnh Dạng vết bệnh như điểm ở 2, nhưng vết bệnh xuất hiện nhiều ở lá trên Vết bệnh điển hình cho các mẫu giống nhiễm, dài 3 mm hoặc hơi dài, diện tích vết bệnh trên lá < 4 % diện tích lá Vết bệnh điển hình: từ 4 % đến 10 % diện tích lá Vết bệnh điển hình: từ 11 % đến 25 % diện tích lá Vết bệnh điển hình: từ 26 % đến 50 % diện tích lá Vết bệnh điển hình: từ 51 % đến 75 % diện tích lá Hơn 75 % diện tích vết bệnh trên lá	Quan sát, tính tỷ lệ vết bệnh gây hại trên lá
Bệnh bạc lá	5 - 8	0 1 3 5 7 9	Không có vết bệnh Diện tích vết bệnh trên lá < 5 % Diện tích vết bệnh trên lá từ 5 % đến 12 % Diện tích vết bệnh trên lá từ 13 % đến 25 % Diện tích vết bệnh trên lá từ 26 % đến 50 % Diện tích vết bệnh trên lá từ 51 % đến 100 %	Quan sát, xác định tỷ lệ diện tích vết bệnh trên lá
Bệnh khô vằn	7 - 8	0 1 3 5 7 9	Không có vết bệnh Vết bệnh < 20 % chiều cao cây Vết bệnh từ 20 % đến 30 % chiều cao cây Vết bệnh từ 31 % đến 45 % chiều cao cây Vết bệnh từ 46 % đến 65 % chiều cao cây Vết bệnh > 65 % chiều cao cây	Quan sát độ cao tương đối của vết bệnh trên lá hoặc bẹ lá
Sâu đục thân	3 - 5 và 8 - 9	0 1 3 5 7 9	Không bị hại Số danh chết hoặc bông bạc < 10 % Số danh chết hoặc bông bạc từ 10 % đến 20 % Số danh chết hoặc bông bạc từ 21 % đến 30 % Số danh chết hoặc bông bạc từ 31 % đến 60 % Số danh chết hoặc bông bạc > 61 %	Quan sát số danh chết hoặc bông bạc
Sâu cuốn lá	3 - 9	0 1 3 5 7 9	Không bị hại Cây bị hại < 10 % Cây bị hại từ 10 % đến 20 % Cây bị hại từ 21 % đến 35 % Cây bị hại từ 36 % đến 50 % Cây bị hại > 51 %	Quan sát lá, cây bị hại. Tính tỷ lệ cây bị sâu ăn phần xanh của lá

### 3.3.4. Phương pháp xử lý số liệu

a) *Thí nghiệm 1*: Số liệu thu thập của 30 khóm/dòng mẫu giống được tính giá trị trung bình và độ lệch chuẩn bằng phần mềm Microsoft Excel 2019.

b) *Thí nghiệm 2*: Cây đa dạng di truyền được xây dựng theo phương pháp UPGMA trên cơ sở dữ liệu nhị phân hóa các băng DNA SSR (1: có băng; 0: không có băng). Ma trận alen được nhập và xử lý bằng phần mềm NTSYS-pc 2.10 để tính hệ số tương đồng và phân nhóm các mẫu giống. Hệ số hàm lượng thông tin đa dạng (PIC) của mỗi locus SSR được tính theo công thức  $PIC(i) = 1 - \sum p_{ij}^2$ , trong đó  $P_{ij}$  là tần suất alen  $j$  tại locus  $i$ ; đồng thời PIC tổng quát được xác định theo công thức:  $PIC = 1 - \sum p_i^2 - \sum \sum P_i^2 P_j^2$ , với  $P_i$  là tần số alen  $i$ .

Phân tích thành phần chính (PCA) được thực hiện dựa trên các chỉ tiêu sinh hóa và cấu trúc hạt gồm khối lượng phôi, lớp cám, lipids,  $\gamma$ -oryzanol, protein và tỷ lệ gạo lứt. So sánh từng cặp kiểu gen dựa trên dữ liệu hiện diện/không hiện diện (1/0) để tính hệ số Jaccard bằng gói vegan trong R (Oksanen & cs., 2024; R Core Team., 2023). Ma trận tương đồng được sử dụng để xây dựng sơ đồ phân tử theo UPGMA (Qian, 2025) và trực quan hóa bằng gói gg dendro trong R.

c) *Thí nghiệm 3, 4, 5, 6*: Số liệu thí nghiệm được xử lý ANOVA bằng phần mềm Minitab 16.2 ở mức ý nghĩa 0.05 theo tiêu chuẩn Tukey bằng mô hình tuyến tính tổng quát (Nanda & cs., 2021).

## PHẦN 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

### 4.1. XÁC ĐỊNH MẪU GIỐNG LÚA CÓ TIỀM NĂNG SẢN XUẤT GẠO LÚT

#### 4.1.1. Đặc điểm nông sinh học của một số dòng, mẫu giống lúa thử nghiệm

##### 4.1.1.1. Đặc điểm sinh trưởng của các dòng, mẫu giống lúa.

Các dòng và mẫu giống lúa khảo sát thể hiện sự khác biệt rõ rệt về các đặc điểm nông sinh học cơ bản, phản ánh sự đa dạng về tiềm năng sinh trưởng và cấu trúc quần thể của các kiểu gen (Bảng 4.1).

**Bảng 4.1. Một số đặc điểm nông sinh học của các dòng, mẫu giống lúa trong vụ mùa năm 2020 tại Sơn La**

STT	Dòng/ mẫu giống	Thời gian sinh trưởng (ngày)	Chiều cao cây (cm)		Kiểu đẻ nhánh	Góc lá đòng	Chiều dài lá đòng (cm)		Chiều rộng lá đòng (cm)	
			X	± S			X	± S	X	± S
1	NDB1	142	154.33	6.29	Xòe	Ngang	42.20	1.69	1.60	0.06
2	NDB2	142	150.48	6.37	Xòe	Ngang	39.10	1.56	1.70	0.07
3	NDB3	122	148.31	6.22	Hơi xòe	Ngang	46.70	1.87	1.50	0.06
4	NLC1	145	159.87	6.75	Xòe	Ngang	41.10	1.64	1.80	0.07
5	NLC2	142	148.31	6.22	Xòe	Ngang	38.30	1.53	1.60	0.06
6	NLC3	145	152.23	6.20	Xòe	Ngang	37.20	1.49	1.50	0.06
7	NLC4	143	163.99	6.89	Xòe	Ngang	42.40	1.70	1.80	0.07
8	NSL1	142	154.53	6.45	Xòe	Ngang	48.70	1.95	1.50	0.06
9	NSL2	142	162.57	6.55	Xòe	Ngang	39.60	1.58	1.70	0.07
10	NSL3	143	166.08	6.98	Xòe	Ngang	38.30	1.53	1.40	0.06
11	NSL4	141	157.39	3.11	Xòe	Ngang	41.50	1.66	1.40	0.06
12	NSL5	145	156.71	3.08	Xòe	Ngang	38.10	1.52	1.70	0.07
13	NSL6	142	148.31	6.22	Xòe	Ngang	38.50	1.54	1.50	0.06
14	NSL7	142	159.15	3.12	Xòe	Ngang	37.20	1.49	1.40	0.06
15	NSL8	142	147.30	6.20	Xòe	Ngang	41.80	1.67	1.20	0.05
16	NSL9	140	158.65	6.58	Xòe	Ngang	33.50	1.34	1.00	0.04
17	NSL10	150	157.30	6.30	Xòe	Ngang	34.70	1.39	1.50	0.06
18	NSL11	145	151.35	6.28	Xòe	Ngang	35.90	1.44	1.30	0.05
19	NSL12	147	148.25	6.17	Xòe	Ngang	40.20	1.61	1.50	0.06
20	NSL13	151	150.14	6.10	Xòe	Ngang	41.10	1.64	1.50	0.06
21	NSL14	146	154.46	6.39	Xòe	Ngang	42.40	1.70	1.60	0.06
22	NSL15	145	150.48	6.37	Xòe	Ngang	39.80	1.59	1.70	0.07
23	NSL16	145	148.31	6.22	Xòe	Ngang	36.60	1.46	1.50	0.06
24	NSL17	144	160.07	6.91	Xòe	Ngang	41.10	1.64	1.80	0.07
25	NSL18	145	148.31	6.22	Xòe	Ngang	38.30	1.53	1.60	0.06
26	Ja 12	121	97.10	4.05	Chụm	Đứng	22.92	0.92	1.00	0.04
27	Ja 23	122	98.04	4.01	Chụm	Đứng	24.26	0.97	1.00	0.04
28	Ja 35	121	96.49	4.34	Chụm	Đứng	24.97	1.00	1.10	0.04

Ghi chú: NSL nếp Sơn La, NLC nếp Lai Châu, NDB nếp Điện Biên



Đặc điểm nông sinh học là cơ sở quan trọng để đánh giá khả năng sinh trưởng, thích nghi và tiềm năng năng suất của các giống lúa. Các chỉ tiêu như thời gian sinh trưởng, chiều cao cây, kiểu đẻ nhánh và đặc điểm lá dòng phản ánh sự khác biệt về kiểu hình giữa các nguồn vật liệu và có mối liên hệ chặt chẽ với khả năng quang hợp, tích lũy sinh khối và hình thành năng suất của cây lúa (Yoshida, 1981; Oladosu & cs., 2017; Lương Thị Kim Loan & cs., 2022). Việc đánh giá các đặc điểm này có ý nghĩa quan trọng trong lựa chọn giống phù hợp với điều kiện sinh thái và mục tiêu sử dụng.

Thời gian sinh trưởng của các dòng giống dao động 121 - 151 ngày. Nhóm giống Ja12, Ja23 và Ja35 có thời gian sinh trưởng ngắn nhất (121 - 122 ngày), trong khi một số dòng NSL có thời gian sinh trưởng dài hơn, điển hình như NSL13 (151 ngày). Sự khác biệt về thời gian sinh trưởng giữa các giống phản ánh sự đa dạng di truyền của nguồn vật liệu và ảnh hưởng của kiểu gen đến quá trình sinh trưởng và phát triển của cây lúa (Nguyễn Văn Hoan & cs., 2018; Trần Xuân Hạnh & cs., 2023; Oladosu & cs., 2017).

Chiều cao cây biến động trong khoảng 96,49 - 163,99 cm. Giá trị cao nhất ghi nhận ở NLC4 (163,99 cm), trong khi thấp nhất ở Ja35 (96,49 cm). Phần lớn các dòng NSL, NLC và NDB có chiều cao cây lớn hơn so với nhóm Ja, phản ánh đặc trưng của nhiều giống lúa nếp địa phương thường có thân cao và sinh trưởng sinh dưỡng mạnh. Chiều cao cây là chỉ tiêu hình thái chịu ảnh hưởng của yếu tố di truyền và điều kiện sinh thái, đồng thời liên quan chặt chẽ đến khả năng chống đổ và cấu trúc quần thể ruộng lúa (Yoshida, 1981; Lương Thị Kim Loan & cs., 2022; Zhao & cs., 2024).

Về kiểu đẻ nhánh, phần lớn các dòng giống có dạng xòe, trong khi các giống Ja12, Ja23 và Ja35 có dạng chụm. Kiểu đẻ nhánh ảnh hưởng trực tiếp đến sự phân bố ánh sáng trong quần thể và khả năng tận dụng ánh sáng của tán lá. Những giống có tán xòe thường tạo diện tích lá lớn và tăng khả năng quang hợp của quần thể, nhưng cần mật độ cây phù hợp để hạn chế cạnh tranh ánh sáng giữa các nhánh (Phan Thị Thanh & cs., 2020; Zi & cs., 2026).

Góc lá dòng của phần lớn các dòng giống là ngang, trong khi ba giống Ja có lá đứng. Cấu trúc tán lá có vai trò quan trọng trong việc phân bố bức xạ trong quần thể lúa và ảnh hưởng đến hiệu suất quang hợp cũng như khả năng tích lũy chất khô (Đỗ Thị Hương & cs., 2013; Lê Văn Khánh & cs., 2015; Wei & cs., 2021).

Chiều dài lá dòng dao động 22,92 - 48,70 cm, trong đó NSL1 (48,70 cm) và NDB3 (46,70 cm) có lá dài nhất, trong khi các giống Ja12, Ja23 và Ja35 có lá ngắn hơn (22,92 - 24,97 cm). Chiều rộng lá dòng biến động 1,00 - 1,80 cm, cao nhất ở các dòng NLC1, NLC4 và NSL17 (1,80 cm). Lá dòng là cơ quan quang hợp

quan trọng trong giai đoạn hình thành hạt và đóng vai trò chính trong việc cung cấp chất đồng hóa cho quá trình tích lũy vật chất trong hạt lúa (Yoshida, 1981; Xiang & cs., 2024).

Như vậy, các dòng giống trong thí nghiệm thể hiện sự phân hóa rõ về đặc điểm hình thái và sinh trưởng, phản ánh sự đa dạng của nguồn vật liệu nghiên cứu và tạo cơ sở quan trọng cho việc đánh giá mối quan hệ giữa đặc điểm nông sinh học với năng suất và chất lượng hạt trong các phần tiếp theo của luận án (Nguyễn Văn Hoan & cs., 2018; Oladosu & cs., 2017; Zhang & cs., 2023).

#### ***4.1.1.2. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất và của các mẫu giống lúa***

Năng suất lúa được hình thành từ sự tương tác giữa các yếu tố cấu thành như số bông trên khóm, số hạt trên bông, tỷ lệ hạt chắc và khối lượng hạt. Các yếu tố này chịu ảnh hưởng đồng thời của đặc điểm di truyền của giống và điều kiện sinh thái canh tác, đồng thời có mối quan hệ bù trừ trong quá trình hình thành năng suất (Yoshida, 1981; Oladosu & cs., 2017; Wei & cs., 2021). Do đó, việc phân tích các yếu tố cấu thành năng suất giúp làm rõ sự khác biệt về khả năng tạo năng suất giữa các dòng giống. Kết quả đánh giá các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của các dòng, mẫu giống lúa được trình bày ở Bảng 4.2.

Số bông trên khóm dao động 7,20 - 15,20 bông. Giá trị cao nhất ghi nhận ở NDB1 (15,20 bông) và NLC1 (14,30 bông), trong khi thấp nhất ở Ja12 (7,20 bông). Phần lớn các dòng NSL, NLC và NDB có số bông/khóm cao hơn so với nhóm Ja, phản ánh khả năng đẻ nhánh mạnh của các giống nếp địa phương. Số bông hữu hiệu là một trong những yếu tố quan trọng quyết định quy mô quần thể bông trên đơn vị diện tích và chịu ảnh hưởng bởi đặc điểm di truyền cũng như điều kiện canh tác (Yoshida, 1981; Nguyễn Tuấn Khôi & Phạm Thị Thơm, 2020; Zi & cs., 2026).

Số hạt trên bông biến động khá lớn, 97,50 - 174,60 hạt/bông. Giá trị cao nhất ghi nhận ở NSL15 (174,60 hạt) và NDB2 (174,20 hạt), trong khi thấp nhất ở NLC1 và NSL17 (97,50 hạt). Số hạt/bông phản ánh khả năng phân hóa gié và số hoa hữu hiệu trong giai đoạn làm đòng, đồng thời chịu ảnh hưởng của dinh dưỡng và điều kiện sinh thái trong thời kỳ sinh trưởng sinh thực (Phan Thị Thanh & cs., 2020; Xiang & cs., 2024).

Tỷ lệ hạt chắc của các dòng giống dao động 81,1 - 92,2%, cao nhất ở NDB3 (92,2%) và thấp nhất ở NLC3 (81,1%). Tỷ lệ hạt chắc phản ánh hiệu quả thụ phấn, thụ tinh và khả năng vận chuyển chất đồng hóa vào hạt trong giai đoạn vào chắc (Yoshida, 1981; Tang & cs., 2021; Ying & cs., 2022).

**Bảng 4.2. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất một số dòng, mẫu giống trong vụ mùa năm 2020 tại Sơn La**

STT	Dòng, mẫu giống	Số bông/khóm		Số hạt /bông		Tỉ lệ hạt chắc (%)	P 1000 hạt (g)		Năng suất (tấn/ha)
		X	± S	X	± S		X	± S	
1	NDB1	15,20	0,61	132,40	3,54	85,8	26,50	1,06	4,20
2	NDB2	11,70	0,47	174,20	3,73	88,8	26,20	1,05	4,30
3	NDB3	15,10	0,60	108,40	4,05	92,2	32,40	1,30	5,70
4	NLC1	14,30	0,57	97,50	3,72	85,8	26,50	1,06	4,80
5	NLC2	14,40	0,58	134,10	3,72	82,8	27,10	1,08	4,50
6	NLC3	10,10	0,40	105,30	3,70	81,8	26,80	1,07	3,70
7	NLC4	5,60	0,22	129,40	3,51	85,5	26,80	1,07	4,40
8	NSL1	9,80	0,39	156,20	3,94	86,1	26,30	1,05	4,60
9	NSL2	12,20	0,49	138,50	3,75	81,9	26,50	1,06	4,40
10	NSL3	10,70	0,43	115,40	3,60	84,7	26,40	1,06	4,30
11	NSL4	9,60	0,38	102,20	3,94	89,1	26,50	1,06	4,80
12	NSL5	7,90	0,32	152,70	3,92	85,1	26,10	1,04	4,70
13	NSL6	10,40	0,42	133,50	3,94	86,1	26,80	1,07	4,50
14	NSL7	13,50	0,54	111,60	3,96	87,1	26,20	1,05	4,60
15	NSL8	13,10	0,52	102,40	3,85	87,0	26,50	1,06	4,50
16	NSL9	14,20	0,57	140,50	3,58	86,6	26,50	1,06	4,70
17	NSL10	11,40	0,46	133,60	3,69	86,8	26,40	1,06	4,60
18	NSL11	7,60	0,30	122,40	3,46	85,5	26,40	1,06	4,20
19	NSL12	10,20	0,41	140,70	3,63	83,7	26,30	1,05	4,30
20	NSL13	10,50	0,42	120,90	3,35	82,4	26,50	1,06	4,40
21	NSL14	15,10	0,60	132,70	3,94	86,1	26,40	1,06	4,40
22	NSL15	11,30	0,45	174,60	3,73	88,8	26,10	1,04	4,50
23	NSL16	15,20	0,61	98,50	3,40	82,4	25,90	1,04	4,20
24	NSL17	14,10	0,56	97,50	3,94	86,1	26,20	1,05	4,40
25	NSL18	14,60	0,58	134,60	3,72	82,8	25,80	1,03	4,50
26	Ja 12	7,20	0,29	161,20	4,09	91,1	26,40	1,06	6,40
27	Ja 23	6,40	0,26	158,70	3,87	91,2	26,50	1,06	6,10
28	Ja 35	7,80	0,31	165,40	3,98	90,9	26,20	1,05	6,70

Ghi chú: NSL nếp Sơn La, NLC nếp Lai Châu, NDB nếp Điện Biên

Khối lượng 1000 hạt biến động 25,80 - 32,40 g, trong đó NDB3 (32,40 g) cao hơn rõ rệt so với các dòng còn lại, chủ yếu dao động 25,80 - 27,10 g. Khối lượng hạt là chỉ tiêu tương đối ổn định về di truyền và liên quan trực tiếp đến kích thước hạt cũng như khả năng tích lũy vật chất trong quá trình phát triển nội nhũ (Zhao & cs., 2022;

Nkulu & cs., 2023).

Sự khác biệt về các yếu tố cấu thành đã dẫn đến biến động đáng kể về năng suất, đạt 3,70 - 6,70 tấn/ha. Năng suất cao nhất ghi nhận ở Ja35 (6,70 tấn/ha) và Ja23 (6,10 tấn/ha), trong khi thấp nhất ở NLC3 (3,70 tấn/ha). Mặc dù nhóm Ja có số bông/khóm thấp hơn, năng suất vẫn cao nhờ số hạt/bông lớn và tỷ lệ hạt chắc cao, cho thấy sự bù trừ giữa các yếu tố cấu thành năng suất trong quần thể lúa (Oladosu & cs., 2017; Wei & cs., 2021; Xiang & cs., 2024).

Kết quả cho thấy sự khác biệt rõ về cấu trúc năng suất giữa các dòng giống, phản ánh ảnh hưởng của đặc điểm di truyền và khả năng phân bổ nguồn đồng hóa trong quá trình hình thành năng suất của cây lúa.

#### ***4.1.1.3. Một số đặc điểm gạo lứt của các mẫu giống lúa***

Kích thước và hình dạng hạt là những đặc điểm quan trọng phản ánh chất lượng hình thái của gạo, đồng thời ảnh hưởng trực tiếp đến giá trị thương mại và khả năng chế biến của sản phẩm gạo lứt. Các chỉ tiêu như chiều dài hạt, chiều rộng hạt và tỷ lệ chiều dài/chiều rộng thường được sử dụng để phân loại dạng hạt và đánh giá sự khác biệt giữa các giống lúa (Juliano & Tiaño, 2019; Zhao & cs., 2022; (Abdelsalam & cs., 2025). Bên cạnh đó, màu sắc gạo lứt còn liên quan đến sự tích lũy các hợp chất sinh học trong lớp cám của hạt gạo. Kết quả đánh giá đặc điểm kích thước và hình dạng hạt của các dòng, mẫu giống lúa được trình bày ở Bảng 4.3.

Chiều dài hạt dao động 4,70 - 8,10 mm. Giá trị cao nhất ghi nhận ở NDB3 (8,10 mm), trong khi thấp nhất ở NSL2 và NSL4 (4,70 mm). Nhóm giống Ja có chiều dài hạt 6,20 - 6,30 mm, lớn hơn so với phần lớn các dòng NSL và NLC (khoảng 4,8 - 5,7 mm). Chiều dài hạt là chỉ tiêu hình thái chịu sự chi phối mạnh của yếu tố di truyền và liên quan trực tiếp đến hình dạng cũng như chất lượng cảm quan của gạo sau chế biến (Zhao & cs., 2022; Nkulu & cs., 2023; (Abdelsalam & cs., 2025).

Chiều rộng hạt biến động trong khoảng 2,60 - 5,10 mm. Giá trị lớn nhất ghi nhận ở NLC4 (5,10 mm), trong khi thấp nhất ở NDB2, NDB3 và NSL7 (2,60 mm). Phần lớn các dòng giống còn lại có chiều rộng hạt 2,9 - 3,3 mm, phản ánh sự khác biệt về cấu trúc nội nhũ giữa các nguồn vật liệu. Kích thước hạt được quyết định bởi quá trình phát triển của nội nhũ và các mô bao quanh trong giai đoạn hình thành hạt (Xiao & cs., 2016; Juliano & Tiaño, 2019; Zhao & cs., 2022).

Tỷ lệ chiều dài/chiều rộng hạt (D/R) dao động 1,10 - 3,10. Giá trị cao nhất ở NDB3 (3,10), thể hiện dạng hạt dài và thon, trong khi NLC4 (1,10) có dạng hạt tròn và ngắn. Phần lớn các dòng còn lại có tỷ lệ D/R 1,5 - 2,0, đặc trưng cho nhóm hạt

trung bình. Tỷ lệ này thường được sử dụng để phân loại hình dạng hạt gạo và có ý nghĩa quan trọng đối với giá trị thương mại và khả năng chế biến của sản phẩm gạo (Jawaria & cs., 2023; (Abdelsalam & cs., 2025).

**Bảng 4.3. Đặc điểm hạt gạo lứt một số dòng, mẫu giống lúa trong vụ mùa năm 2020 tại Sơn La**

STT	Dòng, mẫu giống	Chiều dài (mm)		Chiều rộng (mm)		D/R hạt	Màu gạo lứt
		X	± S	X	± S		
1	NDB1	5,90	0,24	3,10	0,12	1,90	Nâu nhạt
2	NDB2	5,70	0,23	2,60	0,10	2,20	Nâu nhạt
3	NDB3	8,10	0,32	2,60	0,10	3,10	Nâu nhạt
4	NLC1	5,80	0,23	2,90	0,12	2,00	Nâu nhạt
5	NLC2	6,10	0,24	3,40	0,14	1,80	Nâu nhạt
6	NLC3	5,70	0,23	3,60	0,14	1,60	Nâu nhạt
7	NLC4	5,60	0,22	5,10	0,20	1,10	Nâu sẫm
8	NSL1	4,80	0,19	2,90	0,12	1,70	Nâu nhạt
9	NSL2	4,70	0,19	3,10	0,12	1,50	Nâu nhạt
10	NSL3	4,90	0,20	3,00	0,12	1,60	Nâu nhạt
11	NSL4	4,70	0,19	3,10	0,12	1,50	Nâu nhạt
12	NSL5	4,80	0,19	3,00	0,12	1,60	Nâu nhạt
13	NSL6	5,70	0,23	2,90	0,12	1,90	Nâu nhạt
14	NSL7	4,90	0,20	2,60	0,10	1,90	Nâu sẫm
15	NSL8	5,00	0,20	2,90	0,12	1,70	Nâu sẫm
16	NSL9	4,80	0,19	2,90	0,12	1,60	Nâu nhạt
17	NSL10	5,10	0,20	3,00	0,12	1,70	Nâu nhạt
18	NSL11	5,60	0,22	3,10	0,12	1,80	Nâu nhạt
19	NSL12	5,70	0,23	2,90	0,12	1,90	Nâu nhạt
20	NSL13	5,50	0,22	3,00	0,12	1,90	Nâu nhạt
21	NSL14	5,00	0,20	3,30	0,13	1,50	Nâu nhạt
22	NSL15	4,80	0,19	2,90	0,12	1,60	Nâu nhạt
23	NSL16	5,50	0,22	3,00	0,12	1,80	Nâu nhạt
24	NSL17	5,00	0,20	3,30	0,13	1,50	Nâu nhạt
25	NSL18	4,90	0,20	3,20	0,13	1,50	Nâu sẫm
26	Ja 12	6,30	0,25	3,20	0,13	2,00	Nâu nhạt
27	Ja 23	6,20	0,25	3,30	0,13	1,90	Nâu nhạt
28	Ja 35	6,30	0,25	3,20	0,13	2,00	Nâu nhạt

Ghi chú: NSL nếp Sơn La, NLC nếp Lai Châu, NDB nếp Điện Biên

Về màu sắc gạo lứt, phần lớn các dòng giống có màu nâu nhạt, trong khi một số dòng như NLC4, NSL7, NSL8 và NSL18 có màu nâu sẫm. Màu sắc gạo lứt chủ yếu liên quan đến sự tích lũy các hợp chất phenolic và sắc tố trong lớp cám, bao gồm các hợp chất chống oxy hóa có giá trị dinh dưỡng cao (Goufo & Trindade, 2014; Keneswary & cs., 2018; Pijug & cs., 2022).

Sự khác biệt về kích thước, hình dạng và màu sắc hạt cho thấy các dòng giống trong thí nghiệm có mức độ đa dạng kiểu hình tương đối lớn, tạo cơ sở quan trọng cho việc đánh giá chất lượng gạo lứt và lựa chọn các dòng giống có giá trị dinh dưỡng và thương mại cao trong các nghiên cứu tiếp theo.

Chất lượng ăn của gạo lứt là một trong những tiêu chí quan trọng quyết định khả năng chấp nhận của người tiêu dùng và giá trị sử dụng của giống lúa. Các chỉ tiêu cảm quan như màu sắc cơm, độ mềm dẻo, mùi thơm và mức độ ưa thích tổng hợp phản ánh đặc điểm hóa sinh của hạt gạo, đặc biệt là thành phần tinh bột, protein và các hợp chất tạo mùi trong hạt (Ahmed & cs., 2019; Prom-u-Thai & Rerkasem, 2020; Paramee & Panpipat, 2021). Vì vậy, đánh giá chất lượng cảm quan giúp xác định các dòng giống có tiềm năng sử dụng làm gạo lứt chất lượng cao. Kết quả đánh giá chất lượng cảm quan cơm gạo lứt của các dòng, mẫu giống được trình bày ở Bảng 4.4.

Phần lớn các dòng NDB, NLC và NSL có màu cơm nâu, độ mềm dẻo cao, vị rất ngon và mùi thơm rõ, với tổng điểm cảm quan đạt 19 điểm, được xếp loại tốt. Kết quả này cho thấy các dòng giống này có chất lượng ăn tương đối đồng đều và phù hợp cho sử dụng dưới dạng gạo lứt. Chất lượng cảm quan của cơm gạo phụ thuộc chủ yếu vào thành phần tinh bột, hàm lượng protein và các hợp chất thơm trong hạt, đồng thời chịu ảnh hưởng của đặc điểm di truyền của giống (Juliano & Tũaño, 2019; Ahmed & cs., 2019; Paramee & Panpipat, 2021).

Ngược lại, ba giống Ja12, Ja23 và Ja35 có độ mềm ở mức hơi mềm, vị ngon nhưng không có mùi thơm, tổng điểm cảm quan đạt 12 điểm, được xếp loại trung bình. Sự khác biệt này cho thấy khả năng biểu hiện các hợp chất tạo mùi và cấu trúc tinh bột của nhóm giống Ja thấp hơn so với nhiều dòng nếp địa phương. Các nghiên cứu cho thấy đặc tính mùi thơm và độ mềm dẻo của cơm gạo liên quan chặt chẽ đến thành phần tinh bột, đặc biệt là cấu trúc amylose và amylopectin, cũng như sự hiện diện của các hợp chất bay hơi đặc trưng trong hạt gạo (Prom-u-Thai & Rerkasem, 2020; Prachi & cs., 2022; Jawaria & cs., 2023).

**Bảng 4.4. Chất lượng cơm lứt của một số dòng, mẫu giống lúa trong vụ mùa năm 2020 tại Sơn La**

STT	Dòng, mẫu giống	Chỉ tiêu đánh giá cơm lứt								Chất lượng cơm	Xếp hạng
		Màu sắc	Điểm	Độ mềm dẻo	Điểm	Vị ngon	Điểm	Mùi	Điểm		
1	NDB1	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
2	NDB2	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
3	NDB3	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
4	NLC1	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
5	NLC2	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
6	NLC3	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
7	NLC4	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
8	NSL1	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
9	NSL2	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
10	NSL3	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
11	NSL4	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
12	NSL5	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
13	NSL6	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
14	NSL7	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
15	NSL8	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
16	NSL9	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
17	NSL10	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
18	NSL11	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
19	NSL12	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
20	NSL13	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
21	NSL14	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
22	NSL15	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
23	NSL16	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
24	NSL17	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
25	NSL18	Nâu	4	Rất mềm dẻo	5	Rất ngon	5	Thơm	5	19	Tốt
26	Ja 12	Nâu	4	Hơi mềm	3	Ngon	3	Không	2	12	Trung bình
27	Ja 23	Nâu	4	Hơi mềm	3	Ngon	3	Không	2	12	Trung bình
28	Ja 35	Nâu	4	Hơi mềm	3	Ngon	3	Không	2	12	Trung bình

Sự khác biệt về chất lượng cảm quan giữa các dòng giống phản ánh ảnh hưởng của yếu tố di truyền đến đặc điểm hóa sinh của hạt gạo, đồng thời cho thấy các dòng NDB, NLC và NSL có tiềm năng cao hơn trong phát triển sản phẩm gạo lứt chất lượng tốt, trong khi nhóm Ja có ưu thế hơn về năng suất và khả năng sản xuất hàng hóa. Những kết quả này tạo cơ sở cho việc lựa chọn các dòng giống phù hợp phục vụ mục tiêu khai thác và phát triển sản phẩm gạo lứt trong các nghiên cứu tiếp theo (Ahmed & cs., 2019; Paramee & Panpipat, 2021; Nayu & cs., 2025).

#### ***4.1.1.4. Phân tích đa dạng các tính trạng chất lượng ở các dòng, mẫu giống lúa***

Gạo lứt được đánh giá cao về giá trị dinh dưỡng do vẫn bảo tồn lớp cám và phôi - hai bộ phận chứa phần lớn các hợp chất sinh học quan trọng của hạt gạo. Các đặc điểm cấu trúc như độ dày lớp vỏ lụa và kích thước phôi có mối liên hệ chặt chẽ với khả năng tích lũy lipid, protein và các hợp chất hoạt tính sinh học trong hạt, đặc biệt là  $\gamma$ -oryzanol - một thành phần đặc trưng của cám gạo có hoạt tính chống oxy hóa và giá trị dinh dưỡng cao (Goufo & Trindade, 2014; Juliano & Tũaño, 2019; Swarnadip & cs., 2023; Kun & cs., 2024). Bên cạnh đó, các chỉ tiêu như tỷ lệ gạo lứt, hàm lượng lipid và protein cũng phản ánh tiềm năng sử dụng của giống lúa trong chế biến và phát triển sản phẩm gạo lứt giá trị cao. Kết quả đánh giá một số đặc điểm cấu trúc hạt và thành phần dinh dưỡng của gạo lứt ở các dòng, mẫu giống lúa được trình bày ở Bảng 4.5.

Độ dày vỏ lụa dao động 23,99 - 26,22  $\mu\text{m}$ , trong đó NSL12 (26,22  $\mu\text{m}$ ) và NDB1 (25,61  $\mu\text{m}$ ) có lớp vỏ lụa dày hơn, trong khi NSL8 (23,99  $\mu\text{m}$ ) và Ja23 (24,05  $\mu\text{m}$ ) có giá trị thấp hơn. Lớp vỏ lụa (bao gồm lớp aleurone và lớp cám) là nơi tích lũy nhiều hợp chất dinh dưỡng và hoạt tính sinh học của hạt gạo, do đó độ dày của lớp này có ảnh hưởng trực tiếp đến giá trị dinh dưỡng của gạo lứt (Keneswary & cs., 2018; Juliano & Tũaño, 2019; Li & cs., 2021).

Khối lượng phôi biến động trong khoảng 0,56 - 0,80 mg, cao nhất ở NSL8 (0,80 mg) và NLC4 (0,79 mg), trong khi thấp nhất ở NSL5 (0,56 mg). Phôi hạt là bộ phận giàu lipid, protein và vitamin, đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định giá trị dinh dưỡng của gạo lứt. Các nghiên cứu cho thấy kích thước phôi có mối liên hệ chặt chẽ với khả năng tích lũy lipid và các hợp chất hoạt tính sinh học trong hạt (Bo & cs., 2020; Ming & cs., 2019; Lu & cs., 2020).



**Bảng 4.5. Một số đặc điểm hạt gạo và chất lượng gạo lứt của các dòng, mẫu giống thí nghiệm trong vụ mùa năm 2020 tại Sơn La**

STT	Dòng/ mẫu giống	Độ dày vỏ lụa		Khối lượng phôi		Tỉ lệ gạo lứt (%)	Lipids trong gạo lứt		Lipids trong cám (%)	$\gamma$ - oryzanol/ gạo lứt		Protein/ gạo lứt		Tổng Điểm
		( $\mu$ m)	Điểm	(mg)	Điểm		(%)	Điểm		(mg/100 g)	Điểm	(%)	Điểm	
1	NDB1	25,61	2	0,59	1	72,51	2,53	3	19,47	60,10	3	7,80	2	11
2	NDB2	25,41	2	0,60	1	72,71	2,66	3	20,56	58,90	3	8,07	2	11
3	NDB3	24,46	2	0,65	1	72,91	2,73	3	21,26	61,88	3	8,25	2	11
4	NLC1	25,54	2	0,60	1	72,02	2,42	3	18,67	49,87	3	8,20	2	11
5	NLC2	24,12	2	0,77	2	73,01	2,71	3	21,36	58,31	3	7,96	2	12
6	NLC3	24,26	2	0,67	1	72,31	2,75	3	21,65	60,69	3	8,01	2	11
7	NLC4	24,26	2	0,79	2	73,01	2,73	3	22,15	63,57	3	7,58	2	12
8	NSL1	25,20	2	0,75	2	73,11	2,61	3	20,07	58,01	3	8,40	2	12
9	NSL10	24,46	2	0,65	1	72,91	2,73	3	21,26	61,88	3	8,25	2	11
10	NSL11	25,14	2	0,65	1	72,81	2,72	3	21,06	62,38	3	7,78	2	11
11	NSL12	26,22	2	0,67	1	73,11	2,53	3	20,36	49,77	3	7,73	2	11
12	NSL13	25,00	2	0,71	2	72,71	2,69	3	20,76	58,11	3	7,82	2	12
13	NSL14	25,07	2	0,72	2	72,81	2,71	3	20,86	62,98	3	7,87	2	12
14	NSL15	25,14	2	0,73	2	72,71	2,62	3	20,36	57,32	3	8,12	2	12
15	NSL16	25,00	2	0,62	1	72,91	2,50	3	19,17	53,64	3	8,17	2	11
16	NSL17	25,14	2	0,71	2	72,91	2,74	3	21,65	63,57	3	8,07	2	12
17	NSL18	25,27	2	0,62	1	73,01	2,67	3	20,66	58,81	3	7,51	2	11
18	NSL2	25,41	2	0,52	1	72,91	2,75	3	21,36	59,80	3	8,27	2	11
19	NSL3	25,54	2	0,67	1	72,41	2,48	3	19,17	59,90	3	7,83	2	11
20	NSL4	24,39	2	0,66	1	72,31	2,49	3	19,17	62,68	3	12,14	3	12
21	NSL5	24,46	2	0,56	1	72,91	2,49	3	19,17	51,06	3	8,28	2	11
22	NSL6	25,14	2	0,71	2	72,91	2,63	3	20,36	61,69	3	7,81	2	12
23	NSL7	24,53	2	0,74	2	72,91	2,74	3	21,26	66,26	3	7,60	2	12
24	NSL8	23,99	2	0,80	2	72,91	2,76	3	22,55	59,10	3	7,68	2	12
25	NSL9	25,41	2	0,72	2	72,81	2,69	3	20,76	61,98	3	7,81	2	12
26	Ja 12	24,52	2	0,67	1	78,67	2,66	3	22,55	49,87	3	7,84	2	11
27	Ja 23	24,05	2	0,75	2	79,57	2,62	3	23,24	52,25	3	7,87	2	12
28	Ja 35	24,66	2	0,78	2	79,86	2,77	3	24,34	56,02	3	8,06	2	12

Tỷ lệ gạo lứt của các dòng giống dao động 72,02 - 79,86%. Nhóm Ja có tỷ lệ gạo lứt cao hơn (78,67 - 79,86%) so với các dòng NDB, NLC và NSL (khoảng 72 - 73%). Tỷ lệ gạo lứt là chỉ tiêu quan trọng phản ánh hiệu quả xay xát và chịu ảnh hưởng bởi kích thước hạt, cấu trúc vỏ trấu và đặc điểm nội nhũ của giống lúa (Jawaria & cs., 2023; Abdelsalam & cs., 2025).

Hàm lượng lipid trong gạo lứt dao động 2,42 - 2,76%, cao nhất ở NSL8 (2,76%) và NLC3 (2,75%). Trong khi đó, lipid trong cám gạo biến động 18,67 - 24,34%, cao nhất ở Ja35 (24,34%) và Ja23 (23,24%). Lipid trong cám gạo là nguồn giàu các hợp chất sinh học quan trọng như tocopherol, tocotrienol và  $\gamma$ -oryzanol, có vai trò chống oxy hóa và mang lại nhiều lợi ích cho sức khỏe (Goufo & Trindade, 2014; Ahmed & cs., 2019; Kun & cs., 2024).

Hàm lượng  $\gamma$ -oryzanol dao động 49,77 - 66,26 mg/100 g, trong đó NSL7 (66,26 mg/100 g) và NSL17 (63,57 mg/100 g) đạt giá trị cao.  $\gamma$ -oryzanol là hợp chất đặc trưng của cám gạo và được xem là một trong những thành phần sinh học quan trọng tạo nên giá trị dinh dưỡng và chức năng của gạo lứt (Heon & cs., 2015; Yang & cs., 2019; Swarnadip & cs., 2023).

Hàm lượng protein gạo lứt dao động 7,51 - 8,40%, trong đó NSL1 (8,40%) và NDB3 (8,25%) có giá trị cao hơn so với các dòng còn lại. Protein gạo lứt chủ yếu phân bố trong lớp cám và phôi, góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng và chất lượng thực phẩm của gạo lứt (Prachi & cs., 2022; Wanasundara, 2024; ElShamey & cs., 2025).

Sự khác biệt về độ dày vỏ lụa, khối lượng phôi và thành phần dinh dưỡng giữa các dòng giống cho thấy nguồn vật liệu nghiên cứu có mức độ đa dạng cao về giá trị dinh dưỡng của gạo lứt. Đây là cơ sở quan trọng cho việc lựa chọn các dòng giống có tiềm năng phát triển sản phẩm gạo lứt giàu hợp chất sinh học và có giá trị dinh dưỡng cao.

Kết quả đánh giá tập đoàn 28 dòng, mẫu giống lúa cho thấy nguồn vật liệu nghiên cứu có sự phân hóa rõ về đặc điểm nông sinh học, cấu trúc năng suất, hình thái hạt và giá trị dinh dưỡng của gạo lứt. Sự khác biệt này phản ánh ảnh hưởng của yếu tố di truyền đến khả năng sinh trưởng, hình thành năng suất và tích lũy các hợp chất dinh dưỡng trong hạt (Yoshida, 1981; Oladosu & cs., 2017; Zhao & cs., 2022).

Các dòng nếp bản địa thể hiện đặc điểm sinh trưởng sinh dưỡng mạnh, chiều cao cây lớn và tán lá phát triển, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình quang hợp và

tích lũy sinh khối. Một số dòng như NDB3, NLC2, NSL4 và NSL15 có khả năng hình thành năng suất khá ổn định, với số bông và số hạt trên bông ở mức tương đối cao. Đặc biệt, NDB3 có khối lượng 1000 hạt lớn và tỷ lệ hạt chắc cao, trong khi NSL15 có số hạt/bông lớn, phản ánh tiềm năng tích lũy vật chất và hình thành năng suất tốt của các dòng này.

Bên cạnh năng suất, các dòng nếp bản địa còn thể hiện ưu thế rõ về chất lượng gạo lứt. Cơm gạo lứt của các dòng này có độ mềm dẻo cao, vị ngon và mùi thơm rõ, đạt mức chất lượng tốt theo thang điểm cảm quan. Đồng thời, một số dòng có phôi lớn, hàm lượng lipid và  $\gamma$ -oryzanol cao, cho thấy tiềm năng dinh dưỡng tốt của gạo lứt. Các nghiên cứu cho thấy phần lớn lipid, protein và các hợp chất chống oxy hóa của hạt gạo tập trung chủ yếu trong lớp cám và phôi, do đó kích thước phôi và cấu trúc lớp cám có vai trò quan trọng đối với giá trị dinh dưỡng của gạo lứt (Juliano & Tuesta, 2019; Kun & cs., 2024; Swarnadip & cs., 2023).

Ngược lại, các dòng Ja12, Ja23 và Ja35 có dạng cây thấp, tán gọn và năng suất cao, đạt trên 6 tấn/ha, cao hơn phần lớn các dòng nếp bản địa. Mặc dù chất lượng cảm quan cơm gạo lứt của các dòng này ở mức trung bình, ưu thế về năng suất và dạng hình cây cho thấy tiềm năng sử dụng trong sản xuất nguyên liệu gạo lứt quy mô hàng hóa.

Từ các kết quả tổng hợp có thể xác định các dòng nếp bản địa NDB3, NLC2, NSL4 và NSL15 là những vật liệu triển vọng cho phát triển gạo lứt chất lượng cao, nhờ ưu thế về đặc điểm hạt, chất lượng cảm quan và giá trị dinh dưỡng, trong khi Ja12, Ja23 và Ja35 có thể được khai thác như nguồn giống năng suất cao phục vụ sản xuất gạo lứt hàng hóa.

#### **4.1.2. Phân tích đa dạng các mẫu giống lúa bản địa**

Kết quả của thí nghiệm 1 đã cho thấy các dòng và mẫu giống lúa nghiên cứu có sự khác biệt rõ rệt về đặc điểm nông sinh học, năng suất, hình thái hạt, chất lượng cảm quan và thành phần dinh dưỡng của gạo lứt. Trên cơ sở các chỉ tiêu đánh giá này, một số dòng và mẫu giống như Ja12, Ja23, Ja35, NDB3 và NSL4 đã thể hiện nhiều đặc điểm ưu việt, đặc biệt là về tiềm năng năng suất, chất lượng hạt và giá trị dinh dưỡng của gạo lứt. Những kết quả này cho thấy tập đoàn giống lúa nghiên cứu có tiềm năng lớn cho định hướng phát triển sản xuất gạo lứt chất lượng cao. Tuy nhiên, việc đánh giá các giống lúa chỉ dựa trên đặc điểm kiểu hình và chất lượng hạt chưa phản ánh đầy đủ mức độ khác biệt về nền tảng di truyền giữa các

giống. Trong nhiều trường hợp, các giống có kiểu hình tương tự nhau vẫn có thể mang những nền tảng di truyền khác nhau. Do đó, việc phân tích đa dạng di truyền bằng chỉ thị phân tử là cần thiết nhằm làm rõ mối quan hệ di truyền giữa các giống và xác định các nguồn vật liệu có khoảng cách di truyền lớn phục vụ cho công tác chọn giống (Oladosu & cs., 2017).

Vì vậy, trong thí nghiệm 2, các mẫu giống lúa bản địa được tiếp tục phân tích đa dạng di truyền bằng chỉ thị SSR, kết hợp với các phương pháp phân tích đa biến như phân tích thành phần chính (PCA) và phân cụm di truyền (UPGMA). Cách tiếp cận này cho phép đánh giá toàn diện cấu trúc đa dạng di truyền của tập đoàn giống, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn các nguồn gen có giá trị phục vụ cho các chương trình chọn giống lúa chất lượng và phát triển sản xuất gạo lứt.

#### ***4.1.2.1. Phân tích đa dạng di truyền các mẫu giống lúa bản địa bằng SSR***

Đa dạng di truyền là một trong những yếu tố quan trọng quyết định tiềm năng thích nghi và khả năng cải tiến giống của cây trồng. Việc đánh giá mức độ đa dạng di truyền của các nguồn gen lúa không chỉ giúp xác định mối quan hệ di truyền giữa các giống mà còn cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn vật liệu lai tạo nhằm mở rộng cơ sở di truyền của giống lúa (Oladosu & cs., 2017; ). Trong những năm gần đây, các chỉ thị phân tử đã được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu đa dạng di truyền ở cây lúa nhờ khả năng phát hiện biến dị di truyền một cách chính xác và ổn định.

Trong số các loại chỉ thị phân tử, SSR (Simple Sequence Repeat) được sử dụng phổ biến trong nghiên cứu di truyền học cây lúa do có tính đa hình cao, phân bố rộng trong bộ gen và khả năng tái lặp tốt. Các marker SSR có thể phát hiện sự khác biệt về alen giữa các giống và do đó rất hữu ích trong các nghiên cứu đánh giá đa dạng di truyền, phân tích cấu trúc quần thể và xác định quan hệ họ hàng giữa các nguồn gen lúa.

Trong nghiên cứu này, các mẫu giống lúa bản địa được phân tích bằng hệ thống marker SSR nhằm đánh giá mức độ đa dạng di truyền và làm rõ mối quan hệ di truyền giữa các giống trong tập đoàn nghiên cứu. Các chỉ tiêu phân tích bao gồm số alen trên mỗi locus, tỷ lệ locus đa hình và giá trị hàm lượng thông tin đa hình (PIC) của các marker. Kết quả phân tích đa dạng di truyền của các marker SSR được trình bày trong Bảng 4.6.

Kết quả phân tích 25 locus SSR trên 25 mẫu giống lúa nếp bản địa cho thấy sự tồn tại của mức độ đa dạng di truyền đáng kể trong tập đoàn giống nghiên cứu (Bảng 4.6). Số locus đa hình ghi nhận dao động từ 0 đến 5, với tỷ lệ locus đa hình từ 0 - 100%, phản ánh sự khác biệt về cấu trúc di truyền giữa các giống. Một số marker như RM118, RM105 và OSR13 thể hiện mức đa hình cao, cho thấy khả năng phân biệt kiểu gen tốt giữa các mẫu giống.

**Bảng 4.6. Kết quả phân tích SSR của 25 mẫu giống lúa bản địa**

STT	Mẫu	Locus	Locus đa hình	Tỷ lệ (%)	PIC
1	RM495	5	3	60	0,30
2	RM283	2	2	100	0,21
3	RM237	4	2	50	0,22
4	RM431	2	1	50	0,07
5	RM452	1	0	0	0,00
6	OSR13	6	5	83	0,38
7	RM338	2	1	50	0,04
8	RM514	2	2	100	0,21
9	RM507	5	5	100	0,25
10	RM413	3	3	100	0,22
11	RM161	5	4	80	0,14
12	RM133	4	3	75	0,15
13	RM162	6	4	67	0,30
14	RM125	2	1	50	0,04
15	RM455	4	3	75	0,20
16	RM118	3	3	100	0,39
17	RM408	3	2	67	0,05
18	RM152	1	0	0	0,00
19	RM284	3	2	67	0,17
20	RM277	4	2	50	0,20
21	RM307	1	0	0	0,00
22	RM552	4	3	75	0,28
23	RM19	4	2	50	0,13
24	RM105	5	5	100	0,37
25	RM474	2	2	100	0,32

Giá trị PIC của các locus dao động từ 0,00 đến 0,39, trong đó RM118 (0,39) và OSR13 (0,38) có mức đa hình cao nhất. Các marker có giá trị PIC cao cho thấy khả năng phát hiện sự khác biệt di truyền tốt giữa các giống, do đó có giá trị cao

trong nghiên cứu đánh giá đa dạng di truyền và phân tích cấu trúc quần thể của cây lúa. Nhiều nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng các marker SSR có giá trị PIC cao thường có khả năng phân biệt kiểu gen hiệu quả và được sử dụng rộng rãi trong đánh giá nguồn gen lúa.

Các nghiên cứu gần đây cho thấy các giống lúa địa phương thường duy trì mức độ đa dạng di truyền cao do quá trình thích nghi lâu dài với điều kiện sinh thái địa phương và sự chọn lọc truyền thống của nông dân trong hệ thống canh tác bản địa (Oladosu & cs., 2017). Do đó, sự tồn tại của nhiều locus SSR đa hình trong nghiên cứu này phản ánh tiềm năng đáng kể của nguồn gen lúa bản địa trong việc cung cấp vật liệu di truyền cho các chương trình chọn giống và bảo tồn nguồn gen lúa.

Để đánh giá rõ hơn mối quan hệ di truyền giữa các giống lúa, ma trận hệ số tương đồng di truyền Jaccard được sử dụng. Hệ số này cho phép xác định mức độ giống nhau về thành phần alen giữa các giống và được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu đa dạng di truyền của cây lúa (Oladosu & cs., 2017). Kết quả tính toán hệ số tương đồng di truyền giữa các mẫu giống được trình bày trong Bảng 4.7.

Hệ số Jaccard giữa các mẫu giống dao động từ 0,45 đến 0,84 (Bảng 4.7), cho thấy mức độ khác biệt di truyền tương đối lớn giữa các mẫu giống. Một số cặp giống có hệ số tương đồng cao như NSL16 - NDB1 (0,83) và NDB1 - NSL14 (0,82), phản ánh quan hệ di truyền gần và có thể liên quan đến nguồn gốc chọn lọc tương tự hoặc sự thích nghi với điều kiện sinh thái giống nhau. Khoảng biến thiên của hệ số tương đồng trong nghiên cứu này tương đồng với nhiều nghiên cứu quốc tế về đa dạng di truyền lúa. Các nghiên cứu trên nguồn gen lúa bản địa tại Đông Nam Á và châu Á cũng ghi nhận hệ số tương đồng di truyền dao động trong khoảng 0,40 - 0,88 khi sử dụng marker SSR (Hoque & cs., 2021). Sự biến thiên của hệ số tương đồng di truyền cho thấy tập đoàn giống lúa nếp bản địa trong nghiên cứu có nền tảng di truyền đa dạng. Điều này phù hợp với các nghiên cứu gần đây cho thấy các giống lúa địa phương thường duy trì mức độ đa dạng di truyền cao do quá trình thích nghi sinh thái và chọn lọc truyền thống trong hệ thống canh tác nông hộ (Đoàn Thanh Quỳnh & cs., 2016). Ngoài ra, nhiều nghiên cứu cũng cho thấy các giống lúa bản địa thường có cấu trúc di truyền phân hóa rõ do ảnh hưởng của quá trình tiến hóa và phân bố địa lý (Luong & cs., 2021; Singh & cs., 2024).

**Bảng 4.7.a Hệ số tương đồng Jaccard của các mẫu giống lúa nếp bản địa khu vực Tây Bắc**

	NSL10	NSL16	NDB1	NSL14	NSL7	NSL2	NSL15	NSL4	NSL18	NLC2	NSL3	NSL5
NSL10	1											
NSL16	0,83	1										
NDB1	0,80	0,83	1									
NSL14	0,78	0,74	0,82	1								
NSL7	0,67	0,7	0,73	0,65	1							
NSL2	0,82	0,81	0,76	0,73	0,72	1						
NSL15	0,75	0,75	0,75	0,8	0,74	0,77	1					
NSL4	0,62	0,66	0,72	0,63	0,8	0,59	0,76	1				
NSL18	0,65	0,66	0,67	0,6	0,55	0,75	0,67	0,61	1			
NLC2	0,72	0,75	0,76	0,7	0,63	0,71	0,67	0,64	0,65	1		
NSL3	0,61	0,62	0,73	0,54	0,68	0,67	0,6	0,75	0,73	0,64	1	
NSL5	0,68	0,74	0,75	0,64	0,79	0,7	0,67	0,78	0,57	0,65	0,75	1
NSL1	0,73	0,75	0,77	0,71	0,64	0,75	0,71	0,62	0,69	0,75	0,64	0,68
NSL9	0,6	0,61	0,69	0,65	0,64	0,77	0,62	0,67	0,79	0,59	0,6	0,72
NSL12	0,69	0,69	0,73	0,67	0,78	0,68	0,67	0,73	0,62	0,71	0,7	0,79
NLC3	0,61	0,64	0,65	0,56	0,72	0,6	0,6	0,65	0,54	0,66	0,7	0,68
NDB2	0,74	0,84	0,81	0,64	0,71	0,73	0,7	0,67	0,64	0,73	0,66	0,75
NLC4	0,69	0,72	0,67	0,64	0,67	0,71	0,68	0,65	0,65	0,78	0,7	0,74
NSL11	0,77	0,7	0,71	0,71	0,64	0,83	0,75	0,62	0,85	0,72	0,67	0,6
NSL6	0,71	0,69	0,72	0,69	0,67	0,74	0,73	0,67	0,75	0,71	0,69	0,62
NSL17	0,72	0,69	0,73	0,63	0,71	0,72	0,75	0,68	0,71	0,69	0,71	0,76
NLC1	0,59	0,56	0,66	0,53	0,68	0,59	0,51	0,64	0,51	0,62	0,66	0,74
NSL13	0,68	0,66	0,72	0,63	0,66	0,74	0,64	0,61	0,67	0,67	0,69	0,67
NSL8	0,69	0,66	0,7	0,64	0,61	0,71	0,59	0,59	0,65	0,68	0,7	0,65
NDB3	0,5	0,55	0,56	0,51	0,58	0,56	0,51	0,54	0,46	0,46	0,56	0,66

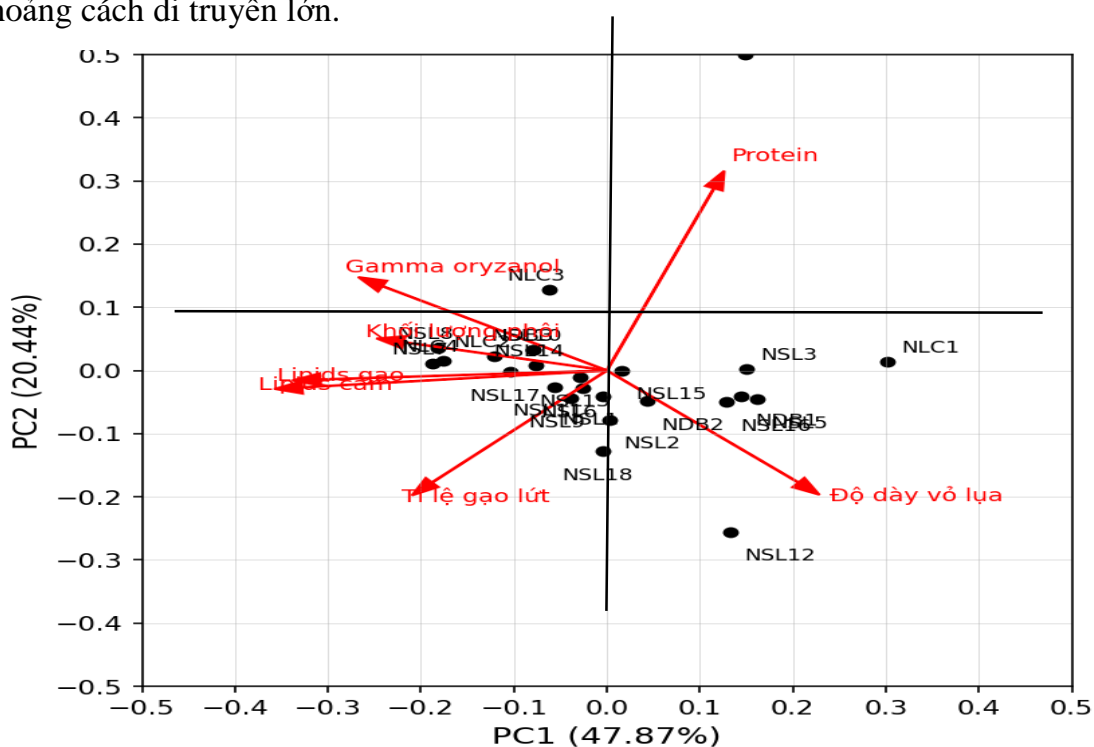
**Bảng 4.7.b Hệ số tương đồng Jaccard của các mẫu giống lúa nếp bản địa khu vực Tây Bắc**

	NSL1	NSL9	NSL12	NLC3	NDB2	NLC4	NSL11	NSL6	NSL17	NLC1	NSL13	NSL8	NDB3
NSL10													
NSL16													
NDB1													
NSL14													
NSL7													
NSL2													
NSL15													
NSL4													
NSL18													
NLC2													
NSL3													
NSL5													
NSL1	1												
NSL9	0,6	1											
NSL12	0,69	0,74	1										
NLC3	0,58	0,66	0,77	1									
NDB2	0,74	0,65	0,76	0,7	1								
NLC4	0,66	0,68	0,78	0,75	0,74	1							
NSL11	0,73	0,62	0,69	0,6	0,68	0,73	1						
NSL6	0,68	0,64	0,67	0,62	0,67	0,65	0,8	1					
NSL17	0,69	0,68	0,66	0,66	0,71	0,63	0,73	0,78	1				
NLC1	0,59	0,64	0,72	0,72	0,69	0,65	0,54	0,53	0,62	1			
NSL13	0,78	0,59	0,7	0,65	0,76	0,62	0,75	0,7	0,77	0,66	1		
NSL8	0,69	0,57	0,68	0,66	0,7	0,66	0,69	0,74	0,81	0,64	0,84	1	
NDB3	0,52	0,59	0,54	0,49	0,58	0,49	0,45	0,49	0,57	0,63	0,56	0,59	1



#### 4.1.2.2. Phân tích đa dạng các mẫu giống lúa bản địa dựa trên đặc điểm hình thái, chất lượng và di truyền.


























Trong nghiên cứu này, dữ liệu SSR tiếp tục được phân tích bằng phân tích thành phần chính (PCA) và phân cụm di truyền theo phương pháp UPGMA nhằm biểu diễn trực quan mức độ khác biệt di truyền giữa các giống. Kết quả phân tích PCA cho thấy các mẫu giống lúa nếp bản địa phân bố thành nhiều cụm khác nhau trong không gian hai chiều (Hình 4.4), phản ánh sự phân hóa di truyền giữa các nguồn gen. Một số giống nằm gần nhau trên đồ thị PCA cho thấy mức độ tương đồng di truyền cao, trong khi một số giống tách biệt khỏi các cụm chính thể hiện khoảng cách di truyền lớn.



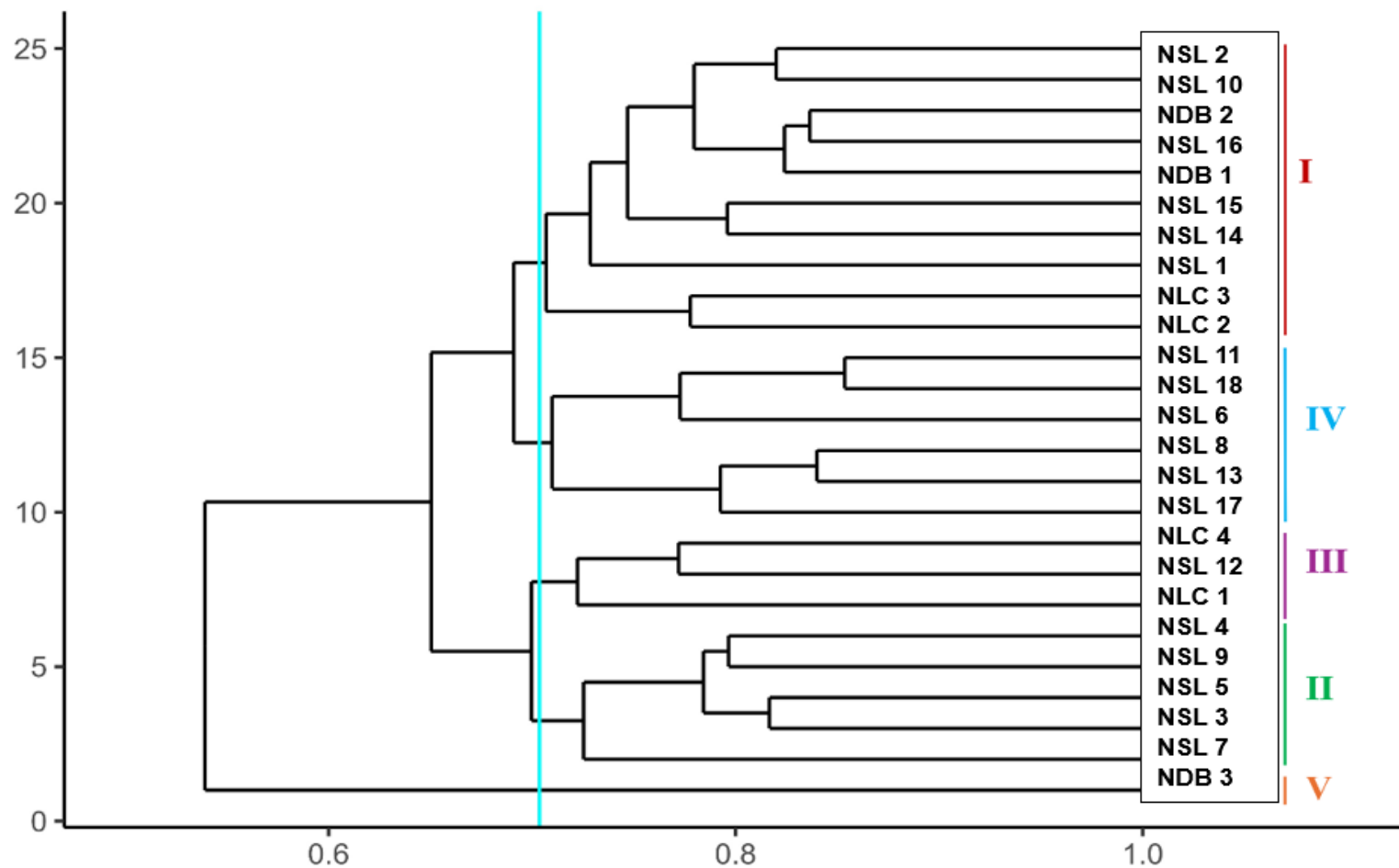
**Hình 4.1. Biểu đồ phân tích thành phần chính (PCABiplot) của 25 mẫu giống lúa bản địa**

Ghi chú: Mỗi chấm đại diện cho mỗi mẫu giống lúa bản địa

Kết quả này phù hợp với xu hướng phân hóa di truyền ghi nhận từ phân tích hệ số tương đồng Jaccard. Phân tích thành phần chính (PCA) là công cụ hiệu quả để mô tả cấu trúc di truyền quần thể và nhận diện các nhóm vật liệu có quan hệ di truyền gần. Các nghiên cứu gần đây trên nguồn gen lúa cho thấy PCA có khả năng phân tách các giống thành các cụm di truyền khác nhau gắn với nguồn gốc địa lý và đặc điểm thích nghi sinh thái, phản ánh mức độ phân hóa di truyền rõ rệt giữa các nhóm giống (Ponce & cs., 2020).

<b>NDB1</b>	<b>NDB2</b>	<b>NDB3</b>	<b>NLC1</b>	<b>NLC2</b>
				
<b>NLC3</b>	<b>NLC4</b>	<b>NSL1</b>	<b>NSL2</b>	<b>NSL3</b>
				
<b>NSL4</b>	<b>NSL5</b>	<b>NSL6</b>	<b>NSL7</b>	<b>NSL8</b>
				
<b>NSL9</b>	<b>NSL10</b>	<b>NSL11</b>	<b>NSL12</b>	<b>NSL13</b>
				
<b>NSL14</b>	<b>NSL15</b>	<b>NSL16</b>	<b>NSL17</b>	<b>NSL18</b>
				

**Hình 4.2. Hình thái hạt của 25 mẫu giống lúa nếp bản địa**



**Hình 4.3. Phân tích cụm sử dụng phương pháp nhóm cặp không trọng số với phương pháp trung bình số học (UPGMA) dựa trên hệ số tương đồng Jaccard giữa 25 mẫu giống lúa bản địa**

Kết quả phân tích phân cụm di truyền bằng phương pháp UPGMA dựa trên hệ số tương đồng Jaccard cho thấy 25 mẫu giống lúa bản địa trong nghiên cứu được chia thành 5 nhóm di truyền chính (Hình 4.6). Sự phân nhóm này phản ánh sự khác biệt về nền tảng di truyền giữa các mẫu giống trong tập đoàn nghiên cứu. Phân tích phân cụm dựa trên dữ liệu marker SSR là phương pháp được sử dụng phổ biến để đánh giá mối quan hệ di truyền và cấu trúc đa dạng di truyền của các nguồn gen lúa (Oladosu & cs., 2017).

Nhóm I bao gồm 10 mẫu giống: NSL2, NSL10, NDB2, NSL16, NDB1, NSL15, NSL14, NSL1, NLC3 và NLC2. Các mẫu giống trong nhóm này có hệ số tương đồng di truyền tương đối cao và tập hợp thành một cụm tương đối chặt trên cây phân cụm, cho thấy chúng có nền tảng di truyền khá gần nhau.

Nhóm II gồm 5 mẫu giống: NSL4, NSL9, NSL5, NSL3 và NSL7. Các giống trong nhóm này tạo thành một cụm riêng biệt, thể hiện mức độ tương đồng di truyền tương đối cao giữa các giống trong nhóm.

Nhóm III bao gồm 3 mẫu giống: NLC4, NSL12 và NLC1. Các giống trong nhóm này nằm ở vị trí trung gian trên cây phân cụm, phản ánh mức độ tương đồng di truyền trung bình so với các nhóm còn lại.

Nhóm IV gồm 6 mẫu giống: NSL11, NSL18, NSL6, NSL8, NSL13 và NSL17. Các mẫu giống trong nhóm này hình thành một cụm tương đối rõ rệt và thể hiện sự khác biệt di truyền nhất định so với các nhóm khác.

Nhóm V chỉ bao gồm một mẫu giống là NDB3. Mẫu giống này nằm tách biệt trên một nhánh riêng của cây phân cụm, cho thấy khoảng cách di truyền tương đối lớn so với các mẫu giống còn lại trong tập đoàn nghiên cứu. Những giống có khoảng cách di truyền lớn thường mang các đặc điểm di truyền đặc thù và có giá trị quan trọng trong việc duy trì và khai thác nguồn biến dị di truyền cho các chương trình chọn giống.

Kết quả phân cụm di truyền trong nghiên cứu này tương đối phù hợp với kết quả phân tích thành phần chính (PCA) khi các mẫu giống có xu hướng phân bố thành các nhóm khác nhau trong không gian đa biến (Hình 4.4). Sự tương đồng giữa hai phương pháp phân tích cho thấy tập đoàn giống lúa bản địa nghiên cứu có mức độ đa dạng di truyền đáng kể, phản ánh sự khác biệt về nguồn gốc di truyền cũng như quá trình thích nghi của các giống lúa bản địa trong điều kiện sinh thái khác nhau.

Sự tồn tại của các nhóm di truyền khác nhau cho thấy tập đoàn giống lúa nếp bản địa trong nghiên cứu có cấu trúc di truyền phân hóa rõ, đồng thời phản ánh mức độ đa dạng di truyền đáng kể của nguồn gen lúa địa phương. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong chọn giống, bởi các giống nằm ở các nhóm di truyền khác nhau thường có khoảng cách di truyền lớn và có thể được khai thác làm vật liệu lai nhằm mở rộng cơ sở di truyền và nâng cao hiệu quả chọn giống lúa.

#### **4.1.3. Xác định các mẫu giống lúa bản địa có tiềm năng sản xuất gạo lứt**

Tổng hợp các kết quả nghiên cứu từ thí nghiệm 1 và thí nghiệm 2 cho phép đánh giá toàn diện các dòng và mẫu giống lúa nghiên cứu trên nhiều khía cạnh gồm đặc điểm nông sinh học, các yếu tố cấu thành năng suất, đặc điểm hình thái và chất lượng gạo lứt, thành phần dinh dưỡng của gạo lứt cũng như nền tảng đa dạng di truyền phân tử. Việc kết hợp đánh giá kiểu hình và phân tích đa dạng di truyền bằng chỉ thị phân tử được xem là cách tiếp cận hiệu quả để xác định các nguồn gen triển vọng phục vụ cho công tác chọn giống và phát triển giống lúa chất lượng cao (Oladosu & cs., 2017).

Kết quả của thí nghiệm 1 cho thấy các dòng và mẫu giống lúa nghiên cứu có sự khác biệt rõ rệt về đặc điểm nông sinh học và năng suất. Trong đó, các dòng Ja12, Ja23 và Ja35 thể hiện nhiều đặc điểm thuận lợi cho sản xuất như thời gian sinh trưởng tương đối ngắn (121 - 122 ngày), chiều cao cây thấp (96,5 - 98,0 cm), số hạt trên bông lớn (158,7 - 165,4 hạt), tỷ lệ hạt chắc cao (90,9 - 91,2%) và năng suất đạt 6,1 - 6,7 tấn/ha. Những đặc điểm này cho thấy các dòng Ja có tiềm năng năng suất cao và khả năng thích nghi tốt trong điều kiện canh tác thâm canh. Nhiều nghiên cứu sinh lý cây trồng cho thấy năng suất lúa phụ thuộc vào sự phối hợp giữa khả năng quang hợp của tán lá và khả năng tích lũy vật chất đồng hóa vào hạt trong giai đoạn chắc hạt, trong đó sự cân bằng giữa nguồn đồng hóa và sức chứa của hạt đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành năng suất cuối cùng (Peng & cs., 2021).

Bên cạnh tiềm năng năng suất, kết quả đánh giá chất lượng và thành phần dinh dưỡng của gạo lứt cũng cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa các giống. Trong đó, NSL4 có hàm lượng protein cao nhất (12,2%), phản ánh tiềm năng lớn về giá trị dinh dưỡng của gạo lứt. Protein gạo là một trong những thành phần dinh dưỡng quan trọng quyết định giá trị thực phẩm của sản phẩm gạo và có liên quan đến

quá trình tích lũy nitrogen trong giai đoạn phát triển hạt. Ngoài ra, các hợp chất sinh học trong lớp cám gạo như lipid và  $\gamma$ -oryzanol cũng góp phần nâng cao giá trị chức năng của gạo lứt nhờ hoạt tính chống oxy hóa và các lợi ích đối với sức khỏe con người.

Kết quả của thí nghiệm 2 cho thấy tập đoàn giống lúa bản địa nghiên cứu có mức độ đa dạng di truyền tương đối cao, thể hiện qua sự đa hình của các marker SSR, sự biến thiên của giá trị PIC và sự khác biệt về hệ số tương đồng di truyền giữa các giống. Phân tích PCA và cây phân cụm di truyền UPGMA cho thấy các mẫu giống được phân chia thành nhiều nhóm di truyền khác nhau. Đáng chú ý, mẫu giống NDB3 nằm tách biệt hoàn toàn trong cây phân cụm, cho thấy khoảng cách di truyền lớn so với nhiều mẫu giống khác. Các giống có khoảng cách di truyền lớn thường mang những đặc điểm di truyền đặc thù và có ý nghĩa quan trọng trong việc duy trì nguồn biến dị di truyền cho các chương trình chọn giống.

Trên cơ sở kết hợp các kết quả về đặc điểm nông sinh học, năng suất, chất lượng và giá trị dinh dưỡng của gạo lứt từ thí nghiệm 1 với các thông tin về đa dạng di truyền từ thí nghiệm 2, có thể xác định một số dòng và mẫu giống thể hiện những ưu thế nổi bật. Trong đó, Ja12, Ja23 và Ja35 nổi bật về tiềm năng năng suất và đặc điểm nông sinh học thuận lợi, NSL4 có giá trị dinh dưỡng cao, còn NDB3 có đặc điểm hình thái hạt nổi bật và khoảng cách di truyền lớn so với nhiều giống khác.

Vì vậy, năm dòng và mẫu giống Ja12, Ja23, Ja35, NSL4 và NDB3 được lựa chọn là những vật liệu triển vọng cho định hướng phát triển sản xuất gạo lứt chất lượng cao, đồng thời có thể được sử dụng làm nguồn vật liệu di truyền quan trọng trong các chương trình chọn giống lúa chất lượng và giàu dinh dưỡng trong tương lai.

## **4.2. ẢNH HƯỞNG CỦA VÙNG SINH THÁI ĐẾN NĂNG SUẤT VÀ CHẤT LƯỢNG GẠO LỨT**

### **4.2.1. Khả năng sinh trưởng của các mẫu giống lúa ở các vùng sinh thái khác nhau**

Các yếu tố khí hậu ảnh hưởng khác nhau đến từng mẫu giống lúa tùy theo vùng sinh thái, thể hiện rõ tương tác kiểu gen và môi trường (Yoshida, 1981; Oladosu & cs., 2017). Trong đó, nhiệt độ và bức xạ mặt trời quyết định trực tiếp

đến quang hợp, tích lũy sinh khối và hình thành năng suất (Đỗ Thị Hương & cs., 2013; Lê Văn Khánh & cs., 2015), còn ánh sáng được xem là yếu tố môi trường quan trọng nhất chi phối sản xuất sinh khối trên đồng ruộng (Yoshida, 1981). Số liệu Bảng 4.8 cho thấy các chỉ tiêu sinh trưởng và tích lũy sinh khối khác biệt rõ theo giống và vùng sinh thái.

Thời gian sinh trưởng (TGST) phản ánh khả năng thích nghi và tích lũy sinh khối của giống. NSL4 có TGST dài nhất ở cả hai vùng (160 ngày vụ Xuân và 140 ngày vụ Mùa), trong khi nhóm Ja (Ja12, Ja23, Ja35) dao động 135 - 136 ngày (Xuân) và 121 - 123 ngày (Mùa); NDB3 đạt 139 và 120 ngày tại Điện Biên. Trung bình vùng cho thấy TGST tại Sơn La có xu hướng kéo dài hơn ở một số giai đoạn so với Điện Biên, phản ánh ảnh hưởng đồng thời của kiểu gen và điều kiện nhiệt độ, quang chu kỳ vùng sinh thái (Peng & cs., 2021).

Chiều cao cây của các giống dao động 93,5 - 150,3 cm ở vụ Xuân và 96,8 - 158,0 cm ở vụ Mùa. Hai giống NSL4 và NDB3 có chiều cao lớn hơn rõ rệt so với nhóm các dòng Ja, với giá trị trung bình 149,0 - 155,5 cm và 121,5 - 125,5 cm, trong khi các dòng Ja12, Ja23 và Ja35 chỉ khoảng 95 - 102 cm. Sự khác biệt này phù hợp với đặc điểm hình thái của nhiều giống lúa nếp địa phương vùng miền núi, vốn có chiều cao trung bình đến thấp nhằm tăng khả năng chống đổ và thích nghi với điều kiện ruộng bậc thang hoặc ruộng nước nhỏ lẻ (Trần Xuân Hạnh & cs., 2023). Theo Yoshida (1981), chiều cao cây phản ánh sự phát triển của hệ thân và chịu ảnh hưởng của quá trình phân chia, kéo dài tế bào cũng như các yếu tố môi trường như nhiệt độ, ánh sáng và dinh dưỡng.

Số nhánh/khóm của các giống dao động 9,2 - 10,8 nhánh/khóm. Trong vụ Xuân, Ja35 đạt số nhánh cao nhất (10,1 nhánh/khóm), các giống còn lại dao động 9,4 - 9,6 nhánh/khóm; sang vụ Mùa, Ja35 tiếp tục duy trì mức cao (10,8 nhánh/khóm), cho thấy khả năng đẻ nhánh ổn định của dòng này trong các điều kiện sinh thái khác nhau. Đẻ nhánh là đặc tính sinh trưởng quan trọng quyết định cấu trúc quần thể ruộng lúa và số bông hữu hiệu trên đơn vị diện tích. Sự hình thành nhánh phụ thuộc vào hoạt động chồi nách, sự phân bổ nguồn đồng hóa và khả năng hấp thu dinh dưỡng của cây (Yoshida, 1981). Hiệu quả sử dụng dinh dưỡng, đặc biệt là đạm, cũng có vai trò quan trọng trong việc hình thành và duy trì nhánh hữu hiệu của cây lúa (Nguyễn Văn Khoa & Phạm Văn Cường, 2015; Fathi, 2022).

**Bảng 4.8. Một số đặc điểm nông sinh học của các mẫu giống lúa tại các tiểu vùng sinh thái khác nhau năm 2021 tại Sơn La và Điện Biên**

Địa điểm	Dòng/ mẫu giống	TGST (Ngày)		Chiều cao cây (cm)		Số nhánh/ khóm		Chất khô tích lũy giai đoạn... (g/khóm)					
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Đẻ nhánh		Trổ		Chín sấp	
								Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
Mộc Châu	NSL4	160	140	147,7 <sup>a</sup>	153,0 <sup>a</sup>	9,3 <sup>c</sup>	9,3 <sup>c</sup>	26,0 <sup>cd</sup>	25,3 <sup>b</sup>	66,3 <sup>ab</sup>	64,3 <sup>a</sup>	84,0 <sup>ab</sup>	82,0 <sup>a</sup>
	NDB3	141	120	126,0 <sup>b</sup>	124,0 <sup>b</sup>	9,3 <sup>c</sup>	9,7 <sup>b</sup>	30,7 <sup>ab</sup>	30,7 <sup>a</sup>	65,3 <sup>abc</sup>	66,7 <sup>a</sup>	89,3 <sup>a</sup>	83,7 <sup>a</sup>
	Ja 12	136	123	93,8 <sup>c</sup>	97,0 <sup>c</sup>	9,2 <sup>c</sup>	9,7 <sup>b</sup>	25,0 <sup>d</sup>	21,7 <sup>c</sup>	55,7 <sup>c</sup>	41,0 <sup>b</sup>	63,0 <sup>d</sup>	54,0 <sup>c</sup>
	Ja 23	135	121	93,7 <sup>c</sup>	96,8 <sup>c</sup>	9,2 <sup>c</sup>	9,7 <sup>b</sup>	26,2 <sup>cd</sup>	22,5 <sup>c</sup>	57,2 <sup>de</sup>	44,7 <sup>b</sup>	72,1 <sup>c</sup>	65,7 <sup>b</sup>
	Ja 35	136	123	93,5 <sup>c</sup>	97,1 <sup>c</sup>	9,6 <sup>b</sup>	10,7 <sup>a</sup>	30,0 <sup>abc</sup>	24,0 <sup>b</sup>	59,3 <sup>bcd</sup>	46,7 <sup>b</sup>	81,0 <sup>ab</sup>	74,7 <sup>b</sup>
Điện Biên Phủ	NSL4	160	140	150,3 <sup>a</sup>	158,0 <sup>a</sup>	9,7 <sup>b</sup>	9,3 <sup>c</sup>	27,0 <sup>cd</sup>	25,3 <sup>b</sup>	64,7 <sup>bcd</sup>	67,0 <sup>a</sup>	87,3 <sup>a</sup>	81,3 <sup>a</sup>
	NDB3	139	120	117,0 <sup>b</sup>	127,0 <sup>b</sup>	9,7 <sup>b</sup>	9,3 <sup>c</sup>	31,7 <sup>a</sup>	31,7 <sup>a</sup>	69,0 <sup>a</sup>	67,7 <sup>a</sup>	89,7 <sup>a</sup>	84,0 <sup>a</sup>
	Ja 12	136	122	97,9 <sup>c</sup>	106,1 <sup>c</sup>	9,7 <sup>b</sup>	10,9 <sup>a</sup>	25,3 <sup>d</sup>	21,7 <sup>c</sup>	56,7 <sup>de</sup>	43,0 <sup>b</sup>	64,3 <sup>d</sup>	56,0 <sup>cd</sup>
	Ja 23	135	121	97,8 <sup>c</sup>	107,8 <sup>c</sup>	10,0 <sup>b</sup>	10,8 <sup>a</sup>	27,1 <sup>cd</sup>	23,1 <sup>bc</sup>	56,4 <sup>e</sup>	45,1 <sup>b</sup>	73,5 <sup>c</sup>	67,3 <sup>b</sup>
	Ja 35	136	120	97,3 <sup>c</sup>	107,6 <sup>c</sup>	10,7 <sup>a</sup>	10,8 <sup>a</sup>	31,0 <sup>ab</sup>	24,7 <sup>b</sup>	55,7 <sup>c</sup>	46,0 <sup>b</sup>	81,7 <sup>b</sup>	74,3 <sup>b</sup>
TB NSL4		160	140	149,0 <sup>A</sup>	155,5 <sup>A</sup>	9,5 <sup>B</sup>	9,3 <sup>c</sup>	26,5 <sup>B</sup>	25,3 <sup>B</sup>	65,5 <sup>A</sup>	65,7 <sup>A</sup>	85,7 <sup>AB</sup>	81,6 <sup>A</sup>
TB NDB3		140	120	121,5 <sup>B</sup>	125,5 <sup>B</sup>	9,5 <sup>B</sup>	9,5 <sup>B</sup>	31,2 <sup>A</sup>	31,2 <sup>A</sup>	67,1 <sup>A</sup>	67,2 <sup>A</sup>	89,5 <sup>A</sup>	83,8 <sup>A</sup>
Ja 12		136	123	95,8 <sup>c</sup>	101,6 <sup>c</sup>	9,4 <sup>B</sup>	10,3 <sup>AB</sup>	25,1 <sup>c</sup>	21,7 <sup>c</sup>	56,2 <sup>B</sup>	42,0 <sup>c</sup>	63,7 <sup>c</sup>	55,0 <sup>c</sup>
TB Ja 23		135	121	95,7 <sup>c</sup>	102,3 <sup>c</sup>	9,6 <sup>B</sup>	10,3 <sup>AB</sup>	26,7 <sup>B</sup>	22,8 <sup>c</sup>	56,8 <sup>B</sup>	44,9 <sup>c</sup>	72,8 <sup>B</sup>	66,5 <sup>B</sup>
TB Ja 35		136	123	95,4 <sup>c</sup>	102,4 <sup>c</sup>	10,1 <sup>A</sup>	10,8 <sup>A</sup>	30,5 <sup>A</sup>	24,4 <sup>B</sup>	57,5 <sup>B</sup>	46,4 <sup>c</sup>	81,4 <sup>B</sup>	74,5 <sup>B</sup>
TB Điện Biên		141	125	112,0 <sup>*</sup>	121,3 <sup>*</sup>	9,9 <sup>*</sup>	10,3 <sup>*</sup>	28,4 <sup>*</sup>	25,3 <sup>*</sup>	60,5	53,8 <sup>*</sup>	79,3 <sup>*</sup>	72,6 <sup>*</sup>
TB Sơn La		141	125	110,9	113,6	9,3	9,8	27,6	24,8	60,8 <sup>*</sup>	52,7	77,9	72,0

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các giống, ký hiệu <sup>\*</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các vùng và chữ <sup>a</sup> thể hiện sự tương tác giữa giống và vùng và không khác nhau ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey. ns sai khác không có ý nghĩa



Khối lượng chất khô tích lũy tăng dần theo các giai đoạn sinh trưởng. Ở giai đoạn đẻ nhánh, lượng chất khô dao động 21,7 - 31,2 g/khóm, trong đó NDB3 tích lũy cao nhất. Đến giai đoạn trổ, sinh khối tăng lên 56,2 - 67,1 g/khóm, phản ánh sự gia tăng mạnh của quang hợp khi cây chuyển từ sinh trưởng sinh dưỡng sang sinh trưởng sinh thực. Ở giai đoạn chín sấp, chất khô đạt cao nhất (63,7 - 89,5 g/khóm). Quy luật này phù hợp với sinh lý cây lúa khi sinh khối tích lũy mạnh trong thân lá giai đoạn sinh dưỡng và sau đó được vận chuyển dần vào hạt trong giai đoạn làm đòng và chín sữa (Đỗ Thị Hường & cs., 2013; Lê Văn Khánh & cs., 2015). Quá trình vận chuyển sản phẩm quang hợp từ thân lá vào hạt đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành khối lượng hạt và năng suất (Tao & cs., 2025).

So sánh giữa hai vùng sinh thái cho thấy các chỉ tiêu sinh trưởng tại Điện Biên có xu hướng cao hơn nhẹ so với Sơn La, đặc biệt đối với chiều cao cây và khối lượng chất khô tích lũy. Sự khác biệt này có thể liên quan đến điều kiện nhiệt độ và bức xạ thuận lợi hơn tại các thung lũng lòng chảo như Điện Biên, giúp tăng cường quang hợp và tích lũy sinh khối của cây lúa (Trần Đức Thành, 2023; Do Xuan Duc, 2025).

Biên độ nhiệt ngày - đêm cũng thể hiện rõ vai trò sinh lý đối với sinh trưởng và tích lũy chất khô. Tại Điện Biên, nơi có biên độ nhiệt lớn hơn, các dòng lúa có xu hướng tích lũy sinh khối cao hơn ở giai đoạn quyết định năng suất. Chẳng hạn, Ja35 đạt 69,0 g/khóm (trổ) và 89,7 g/khóm (chín sấp) tại Điện Biên, cao hơn hoặc tương đương so với tại Mộc Châu (65,3 và 89,3 g/khóm). Xu hướng tương tự cũng ghi nhận ở NSL4 với chất khô chín sấp đạt 87,3 g/khóm tại Điện Biên so với 83,7 g/khóm tại Mộc Châu. Sự gia tăng sinh khối cuối vụ tại vùng có biên độ nhiệt lớn cho thấy quang hợp ban ngày được duy trì trong khi tổn thất hô hấp ban đêm giảm, giúp nâng cao tích lũy carbon ròng (Peng & cs., 2021).

Ngược lại, tại Mộc Châu, nơi nền nhiệt thấp và biên độ nhiệt hẹp hơn, sinh trưởng sinh dưỡng thuận lợi hơn với số nhánh/khóm cao hơn (9,9 - 10,3 so với 9,3 - 9,8 tại Điện Biên), nhưng tích lũy chất khô ở giai đoạn trổ - chín sấp không vượt trội. Điều này cho thấy biên độ nhiệt lớn có lợi cho tích lũy sinh khối cuối vụ và tiềm năng hình thành năng suất, trong khi nền nhiệt mát hơn hỗ trợ giai đoạn đẻ nhánh sớm.

Nhìn chung, NSL4 và NDB3 thể hiện sinh trưởng mạnh và khả năng tích lũy chất khô cao hơn so với nhóm các dòng Ja, trong khi các dòng Ja có chiều cao

thấp hơn nhưng vẫn duy trì số nhánh ổn định và khả năng tích lũy sinh khối tương đối tốt. Sự khác biệt này phản ánh ảnh hưởng của kiểu gen đối với sinh trưởng và tích lũy sinh khối, đồng thời thể hiện sự tương tác giữa yếu tố di truyền và điều kiện sinh thái trong hệ thống canh tác lúa vùng miền núi (Oladosu & cs., 2017; Tang & cs., 2021).

#### 4.2.2. Mức độ nhiễm sâu bệnh hại của các dòng, mẫu giống lúa

Kết quả đánh giá mức độ nhiễm một số sâu bệnh hại chính của các dòng, mẫu giống lúa tại hai tiểu vùng sinh thái Điện Biên Phủ và Mộc Châu (Bảng 4.9) cho thấy nhìn chung các dòng giống có mức độ nhiễm sâu bệnh tương đối thấp và khá ổn định giữa các địa điểm, phản ánh khả năng chống chịu tương đối tốt đối với một số đối tượng sâu bệnh phổ biến trên cây lúa.

**Bảng 4.9. Mức độ nhiễm sâu bệnh hại của các dòng, mẫu giống lúa tại các tiểu vùng sinh thái khác nhau năm 2021**

(Đơn vị tính: Điểm)

Dòng, mẫu giống	Địa điểm	Đục thân		Cuốn lá		Đạo ôn		Khô vằn		Bạc lá	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
NSL4	Điện Biên	1	3	1	5	5	1	1	1	1	5
	Sơn La	1	3	1	5	3	1	1	1	1	5
NDB3	Điện Biên	1	3	1	3	3	1	1	1	1	5
	Sơn La	1	3	1	3	4	1	1	1	1	3
Ja 12	Điện Biên	1	3	1	3	4	1	1	1	1	3
	Sơn La	1	3	1	3	4	1	1	1	1	5
Ja 23	Điện Biên	1	3	1	3	4	1	1	1	1	5
	Sơn La	1	3	1	3	4	1	1	1	1	5
Ja 35	Điện Biên	1	3	1	3	3	1	1	1	1	3
	Sơn La	1	3	1	3	3	1	1	1	1	3

Kết quả đánh giá mức độ nhiễm một số sâu bệnh hại chính của các dòng, mẫu giống lúa tại hai tiểu vùng sinh thái Điện Biên Phủ và Mộc Châu cho thấy nhìn chung các dòng giống có mức độ nhiễm sâu bệnh thấp và khá ổn định giữa các địa điểm, phản ánh khả năng chống chịu tương đối tốt.

Đối với sâu đục thân, tất cả các dòng giống đều nhiễm nhẹ trong vụ Xuân (cấp 1), nhưng tăng lên cấp 3 trong vụ Mùa ở cả hai địa điểm. Sự gia tăng này có

thể liên quan đến điều kiện nhiệt độ và ẩm độ cao của vụ Mùa thuận lợi cho sâu phát sinh và gây hại (; Sofia & cs.,2025).

Đối với sâu cuốn lá, mức nhiễm trong vụ Xuân đều ở cấp 1, nhưng tăng lên trong vụ Mùa. Đặc biệt, dòng NSL4 có mức nhiễm cấp 5, trong khi các dòng còn lại chủ yếu ở cấp 3, cho thấy sự khác biệt về khả năng chống chịu giữa các dòng giống (Huang & Zou, 2020).

Đối với bệnh đạo ôn, mức nhiễm trong vụ Xuân dao động cấp 3 - 5, trong khi vụ Mùa chỉ ở cấp 1. Điều này phù hợp với đặc điểm sinh thái của bệnh đạo ôn, thường phát triển mạnh trong điều kiện thời tiết mát và ẩm của vụ Xuân (Oladosu & cs., 2017; ).

Đối với bệnh khô vằn, tất cả các dòng giống đều có mức nhiễm cấp 1 ở cả hai vụ, cho thấy bệnh không gây ảnh hưởng đáng kể trong điều kiện nghiên cứu. Trong khi đó, bệnh bạc lá nhiễm nhẹ trong vụ Xuân (cấp 1) nhưng tăng lên cấp 3 - 5 trong vụ Mùa, phù hợp với điều kiện nhiệt độ cao và mưa nhiều thuận lợi cho sự phát sinh và lây lan của vi khuẩn gây bệnh.

Nhìn chung, các dòng giống trong nghiên cứu có khả năng chống chịu khá tốt đối với sâu đục thân và bệnh khô vằn, trong khi sâu cuốn lá và bệnh bạc lá có xu hướng gây hại mạnh hơn trong vụ Mùa, còn bệnh đạo ôn phát sinh chủ yếu trong vụ Xuân. Những kết quả này góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc đánh giá khả năng chống chịu sâu bệnh của các dòng giống trong điều kiện sinh thái khác nhau (Oladosu & cs., 2017).

#### **4.2.3. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của các mẫu giống lúa**

Số bông/m<sup>2</sup> trong thí nghiệm dao động 192,3 - 237,0 bông/m<sup>2</sup> ở vụ Xuân và 193,3 - 231,7 bông/m<sup>2</sup> ở vụ Mùa (Bảng 4.10). Các dòng Ja12, Ja23 và Ja35 có số bông/m<sup>2</sup> cao hơn so với NSL4 và NDB3, phù hợp với đặc điểm sinh trưởng của nhóm giống có chiều cao cây thấp và khả năng đẻ nhánh ổn định, giúp hình thành mật độ bông hữu hiệu cao trong quần thể ruộng lúa. Theo Yoshida (1981), số bông/m<sup>2</sup> chủ yếu được hình thành từ số nhánh hữu hiệu và là một trong những yếu tố cấu thành năng suất quan trọng nhất của cây lúa. Nhiều nghiên cứu trong nước cũng cho thấy số nhánh hữu hiệu và số bông/m<sup>2</sup> có mối quan hệ chặt chẽ với cấu trúc quần thể và năng suất lúa trong điều kiện ruộng nước (Nguyễn Văn Khoa & Phạm Văn Cường, 2015; Nguyễn Thị Vân & cs., 2023).

**Bảng 4.10. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của các mẫu giống lúa trong vụ xuân và vụ mùa năm 2021 tại Sơn La và Điện Biên**

Địa điểm	Dòng/ mẫu giống	Số bông/m <sup>2</sup> (bông)		Số hạt/bông (hạt)		Tỷ lệ hạt chắc (%)		P1000 hạt (gram)		Tỷ lệ cám/gạo lứt (%)		Năng suất thực thu (tấn/ha)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
Mộc Châu	NSL4	228,3 <sup>ab</sup>	214,0 <sup>ab</sup>	150,0 <sup>ab</sup>	160,0 <sup>a</sup>	90,3	91,0	26,9 <sup>b</sup>	27,4 <sup>b</sup>	11,6 <sup>cde</sup>	11,3 <sup>cd</sup>	5,6 <sup>c</sup>	5.7 <sup>c</sup>
	NDB3	192,3 <sup>c</sup>	193,3 <sup>c</sup>	151,7 <sup>a</sup>	158,0 <sup>ab</sup>	85,7	90,0	33,1 <sup>a</sup>	33,1 <sup>a</sup>	10,5 <sup>e</sup>	10,7 <sup>d</sup>	6,5 <sup>b</sup>	6.4 <sup>b</sup>
	Ja 12	230,3 <sup>a</sup>	220,3 <sup>ab</sup>	143,7 <sup>b</sup>	148,7 <sup>b</sup>	87,0	86,0	26,4 <sup>b</sup>	26,1 <sup>b</sup>	12,5 <sup>abcd</sup>	12,3 <sup>abcd</sup>	6,4 <sup>b</sup>	6.0 <sup>b</sup>
	Ja 23	232,1 <sup>a</sup>	224,8 <sup>ab</sup>	143,3 <sup>b</sup>	153,0 <sup>ab</sup>	89,4	91,6	26,4 <sup>b</sup>	26,2 <sup>b</sup>	13,2 <sup>abc</sup>	12,8 <sup>abc</sup>	6,8 <sup>ab</sup>	6.6 <sup>ab</sup>
	Ja 35	233,7 <sup>a</sup>	227,8 <sup>a</sup>	150,3 <sup>ab</sup>	158,0 <sup>ab</sup>	92,7	92,2	26,7 <sup>b</sup>	26,4 <sup>b</sup>	13,4 <sup>ab</sup>	13,3 <sup>ab</sup>	7,5 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>
Điện Biên Phủ	NSL4	221,3 <sup>b</sup>	215,7 <sup>b</sup>	143,7 <sup>b</sup>	145,7 <sup>b</sup>	91,0	90,3	26,1 <sup>b</sup>	25,9 <sup>b</sup>	11,9 <sup>bcd</sup>	11,7 <sup>bcd</sup>	5,5 <sup>c</sup>	6.0 <sup>b</sup>
	NDB3	197,3 <sup>c</sup>	198,7 <sup>c</sup>	145,3 <sup>b</sup>	147,0 <sup>b</sup>	89,7	89,0	31,9 <sup>a</sup>	31,4 <sup>a</sup>	12,3 <sup>bcd</sup>	12,7 <sup>abc</sup>	6,0 <sup>b</sup>	6.5 <sup>b</sup>
	Ja 12	236,3 <sup>a</sup>	230,7 <sup>a</sup>	141,7 <sup>b</sup>	145,3 <sup>b</sup>	92,7	91,9	26,3 <sup>b</sup>	26,1 <sup>b</sup>	11,1 <sup>de</sup>	12,7 <sup>abc</sup>	6,9 <sup>ab</sup>	6.5 <sup>b</sup>
	Ja 23	235,4 <sup>a</sup>	230,9 <sup>a</sup>	141,0 <sup>b</sup>	150,0 <sup>b</sup>	91,8	91,7	26,2 <sup>b</sup>	26,1 <sup>b</sup>	12,2 <sup>bcd</sup>	13,2 <sup>ab</sup>	7,0 <sup>ab</sup>	6.6 <sup>ab</sup>
	Ja 35	237,0 <sup>a</sup>	231,7 <sup>a</sup>	146,3 <sup>b</sup>	150,3 <sup>b</sup>	92,0	92,1	26,4 <sup>b</sup>	26,4 <sup>b</sup>	13,8 <sup>a</sup>	13,7 <sup>a</sup>	7,2 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>
<i>TB NSL4</i>		224,8 <sup>A</sup>	214,8 <sup>A</sup>	146,8 <sup>AB</sup>	152,8 <sup>A</sup>	92,4	92,2	26,5 <sup>B</sup>	26,7 <sup>B</sup>	11,7 <sup>Bc</sup>	11,5 <sup>B</sup>	5,6 <sup>D</sup>	5,9 <sup>C</sup>
<i>TB NDB3</i>		194,8 <sup>B</sup>	196,0 <sup>B</sup>	148,5 <sup>A</sup>	152,5 <sup>A</sup>	90,6	91,6	32,5 <sup>A</sup>	32,3 <sup>A</sup>	11,4 <sup>C</sup>	11,7 <sup>B</sup>	6,3 <sup>C</sup>	6,4 <sup>B</sup>
<i>TB Ja 12</i>		233,3 <sup>A</sup>	225,5 <sup>A</sup>	142,7 <sup>B</sup>	147,0 <sup>B</sup>	90,6	90,6	26,3 <sup>B</sup>	26,1 <sup>B</sup>	11,8 <sup>Bc</sup>	12,5 <sup>AB</sup>	6,6 <sup>B</sup>	6,3 <sup>Bc</sup>
<i>TB Ja 23</i>		233,7 <sup>A</sup>	227,8 <sup>A</sup>	142,2 <sup>B</sup>	151,5 <sup>A</sup>	89,9	89,0	26,3 <sup>B</sup>	26,2 <sup>B</sup>	12,7 <sup>AB</sup>	13,0 <sup>A</sup>	6,9 <sup>AB</sup>	6,6 <sup>AB</sup>
<i>TB Ja 35</i>		235,3 <sup>A</sup>	229,8 <sup>A</sup>	148,3 <sup>A</sup>	154,2 <sup>A</sup>	87,7	89,5	26,6 <sup>B</sup>	26,4 <sup>B</sup>	13,6 <sup>A</sup>	13,5 <sup>A</sup>	7,4 <sup>A</sup>	6,9 <sup>A</sup>
TB Điện Biên Phủ		225,5 <sup>*</sup>	221,5 <sup>*</sup>	143,6	147,7	91,4	91,0	27,4	27,2	12,3	12,8 <sup>*</sup>	6,5	6,5 <sup>*</sup>
TB Mộc Châu		223,3	216,0	147,8 <sup>*</sup>	155,5 <sup>*</sup>	89,0	90,2	27,9 <sup>*</sup>	27,8 <sup>*</sup>	12,2	12,1	6,6 <sup>*</sup>	6,4

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các giống, ký hiệu \* thể hiện sự không khác nhau giữa các vùng và chữ <sup>a</sup> thể hiện sự tương tác giữa giống và vùng không khác nhau ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey. ns sai khác không có ý nghĩa.

Số hạt/bông của các giống dao động 141,0 - 151,7 ở vụ Xuân và 145,3 - 160,0 ở vụ Mùa (Bảng 4.10). Trong đó, NDB3 và NSL4 có số hạt/bông cao hơn các dòng Ja. Chỉ tiêu này phụ thuộc vào sự phân hóa gié hoa trong giai đoạn làm đòng và khả năng thụ phấn thụ tinh trong thời kỳ trổ (Yoshida, 1981). Các nghiên cứu gần đây cũng cho thấy số hạt/bông có liên quan đến quá trình phân bố nguồn đồng hóa và hiệu quả sử dụng dinh dưỡng của cây lúa (Noor & cs., 2023; Xiang & cs., 2024)

Khối lượng 1000 hạt của các giống dao động 26,1 - 33,1 g ở vụ Xuân và 25,9 - 33,1 g ở vụ Mùa. Trong đó, NDB3 có khối lượng 1000 hạt cao nhất, trung bình 32,3 - 32,5 g, trong khi các giống còn lại dao động khoảng 26 - 27 g. Khối lượng hạt phản ánh quá trình tích lũy vật chất khô trong giai đoạn sau trổ. Sự tích lũy tinh bột và các hợp chất dự trữ trong nội nhũ là yếu tố quyết định khối lượng hạt (Juliano & Tuesta, 2019). Đồng thời, quá trình vận chuyển sản phẩm quang hợp từ thân lá vào hạt trong giai đoạn làm đòng và chín sữa cũng có vai trò quan trọng trong việc hình thành khối lượng hạt (Tao & cs., 2025).

Tỷ lệ cám gạo (TLC/GL) của các giống dao động khoảng 10,5 - 13,8%, trong đó Ja35 và Ja23 có tỷ lệ cám cao hơn các giống còn lại. Lớp cám gạo bao gồm lớp aleurone, lớp vỏ lụa và phôi, là nơi tập trung phần lớn lipid, protein, vitamin và các hợp chất chống oxy hóa của hạt gạo (Juliano & Tuesta, 2019). Một số nghiên cứu cho thấy độ dày lớp aleurone và kích thước phôi có mối liên hệ chặt chẽ với hàm lượng lipid và các hợp chất dinh dưỡng của gạo lứt (Khin & cs., 2015; Li & cs., 2021). Vì vậy, các dòng có tỷ lệ cám gạo cao thường có tiềm năng giá trị dinh dưỡng lớn hơn.

Năng suất thực thu của các giống dao động 5,5 - 7,5 tấn/ha ở vụ Xuân và 5,7 - 7,1 tấn/ha ở vụ Mùa. Trong đó, Ja35 đạt năng suất cao nhất ở cả hai vụ (7,4 tấn/ha ở vụ Xuân và 6,9 tấn/ha ở vụ Mùa), tiếp đến là Ja23 và Ja12, trong khi NSL4 có năng suất thấp hơn mặc dù sinh trưởng sinh dưỡng mạnh. Điều này cho thấy năng suất lúa không chỉ phụ thuộc vào sinh trưởng sinh dưỡng mà còn chịu ảnh hưởng của sự phân bố nguồn đồng hóa vào các cơ quan sinh sản, đặc biệt là hạt. Theo Yoshida (1981), năng suất lúa là kết quả tổng hợp của các yếu tố cấu thành năng suất và khả năng phân bổ sản phẩm quang hợp từ thân lá vào hạt. Nhiều nghiên cứu cũng cho thấy sự cân bằng giữa sinh trưởng sinh dưỡng và sinh trưởng sinh thực có vai trò quan trọng trong việc hình thành năng suất ổn định (Wei & cs., 2021; Zhao & cs., 2024).

Sự khác biệt về một số chỉ tiêu chất lượng gạo lứt giữa hai vùng nghiên cứu có thể liên quan đến biên độ nhiệt ngày - đêm trong thời gian sinh trưởng của cây lúa. Biên độ nhiệt tại Điện Biên dao động 7,1 - 13,2 °C, cao hơn so với Mộc Châu (6,9 - 9,3 °C). Biên độ nhiệt lớn hơn giúp tăng cường quang hợp ban ngày và giảm cường độ hô hấp ban đêm, từ đó nâng cao hiệu quả tích lũy vật chất trong cây và trong hạt (Yoshida, 1981). Trong giai đoạn phát triển hạt, sự kết hợp giữa nhiệt độ ban ngày tương đối cao và nhiệt độ ban đêm thấp hơn có thể thúc đẩy quá trình vận chuyển carbohydrate từ thân lá vào hạt và tăng tích lũy tinh bột trong nội nhũ (Wen & cs., 2021).

Ngoài ảnh hưởng đến sự tích lũy tinh bột, nhiệt độ và biên độ nhiệt còn tác động đến sự hình thành các hợp chất dinh dưỡng trong lớp cám gạo. Lớp cám, bao gồm phôi và lớp aleurone, là nơi tập trung nhiều lipid, protein, vitamin và các hợp chất chống oxy hóa của hạt gạo (Goufo & Trindade, 2014; Ahmed & cs., 2019). Hàm lượng lipid và  $\gamma$ -oryzanol trong cám gạo có xu hướng chịu ảnh hưởng mạnh của điều kiện sinh thái trong giai đoạn phát triển hạt (Swarnadip & cs., 2023; Kun & cs., 2024). Trong điều kiện nghiên cứu này, biên độ nhiệt lớn hơn tại Điện Biên có thể tạo thuận lợi cho quá trình tích lũy vật chất dự trữ và các hợp chất dinh dưỡng trong lớp cám gạo.

Như vậy, chất lượng gạo lứt không chỉ phụ thuộc vào đặc điểm di truyền của giống mà còn chịu ảnh hưởng đáng kể của điều kiện sinh thái, đặc biệt là nhiệt độ và biên độ nhiệt trong giai đoạn phát triển hạt. Kết quả này phù hợp với nhiều nghiên cứu cho thấy sự tương tác giữa kiểu gen và môi trường đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định năng suất và chất lượng hạt gạo (Fernando & cs., 2025; Manju & cs., 2025).

#### **4.2.4. Một số yếu tố liên quan đến chất lượng gạo lứt của các mẫu giống lúa**

Chất lượng gạo lứt được quyết định bởi các đặc điểm cấu trúc của hạt và thành phần hóa sinh tích lũy trong nội nhũ, phôi và lớp cám gạo. Lớp cám gạo bao gồm lớp aleurone và lớp vỏ lụa, là nơi tích lũy nhiều hợp chất dinh dưỡng như lipid, protein, vitamin nhóm B và các hợp chất chống oxy hóa. Phôi cũng là bộ phận giàu lipid và các hoạt chất sinh học của hạt gạo (Goufo & Trindade, 2014; Ahmed & cs., 2019). Vì vậy, các giống lúa có phôi lớn và lớp cám dày thường có giá trị dinh dưỡng cao hơn khi sử dụng dưới dạng gạo lứt.

**Bảng 4.11. Đặc điểm phôi hạt, vỏ lụa và chất lượng gạo lứt của các mẫu giống lúa trong vụ xuân và vụ mùa năm 2021 tại Sơn La và Điện Biên**

∞

Dòng/ mẫu giống	Địa điểm	Khối lượng phôi (mg)		Độ dày vỏ lụa (μm)		Amiloza gạo lứt (%)		Lipids/ gạo lứt (%)		Protein/ gạo lứt (%)		Oryzanol/ gạo lứt(mg/100g)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
Mộc Châu	NSL4	0,7 <sup>bc</sup>	0,7 <sup>bc</sup>	24,1 <sup>d</sup>	24,6 <sup>b</sup>	3,7 <sup>b</sup>	3,7 <sup>b</sup>	2,3 <sup>d</sup>	2,1 <sup>d</sup>	10,9 <sup>a</sup>	10,7 <sup>a</sup>	61,3 <sup>bcd</sup>	57,5 <sup>cd</sup>
	NDB3	0,7 <sup>bc</sup>	0,7 <sup>bc</sup>	24,2 <sup>c</sup>	24,3 <sup>c</sup>	4,7 <sup>b</sup>	4,7 <sup>b</sup>	2,5 <sup>cd</sup>	2,3 <sup>cd</sup>	7,2 <sup>c</sup>	7,0 <sup>c</sup>	66,0 <sup>abc</sup>	62,0 <sup>bc</sup>
	Ja 12	0,7 <sup>bc</sup>	0,7 <sup>bc</sup>	24,5 <sup>b</sup>	24,6 <sup>b</sup>	18,3 <sup>a</sup>	18,3 <sup>a</sup>	2,6 <sup>bcd</sup>	2,4 <sup>bcd</sup>	7,8 <sup>bc</sup>	7,7 <sup>bc</sup>	65,9 <sup>abc</sup>	65,7 <sup>ab</sup>
	Ja 23	0,7 <sup>bc</sup>	0,8 <sup>abc</sup>	24,1 <sup>d</sup>	24,3 <sup>c</sup>	18,8 <sup>a</sup>	18,7 <sup>a</sup>	2,9 <sup>ab</sup>	2,7 <sup>ab</sup>	8,1 <sup>bc</sup>	7,9 <sup>bc</sup>	69,0 <sup>ab</sup>	65,9 <sup>ab</sup>
	Ja 35	0,8 <sup>ab</sup>	0,8 <sup>ab</sup>	24,8 <sup>a</sup>	24,8 <sup>a</sup>	18,9 <sup>a</sup>	18,7 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	8,3 <sup>b</sup>	8,1 <sup>b</sup>	71,9 <sup>a</sup>	71,5 <sup>a</sup>
Điện Biên Phủ	NSL4	0,6 <sup>c</sup>	0,7 <sup>c</sup>	24,3 <sup>c</sup>	24,5 <sup>bc</sup>	4,7 <sup>b</sup>	4,3 <sup>b</sup>	2,5 <sup>cd</sup>	2,3 <sup>cd</sup>	11,5 <sup>a</sup>	11,3 <sup>a</sup>	54,1 <sup>d</sup>	53,2 <sup>d</sup>
	NDB3	0,7 <sup>bc</sup>	0,8 <sup>abc</sup>	24,3 <sup>c</sup>	24,7 <sup>b</sup>	5,0 <sup>b</sup>	5,0 <sup>b</sup>	2,7 <sup>abc</sup>	2,5 <sup>abc</sup>	7,4 <sup>c</sup>	7,2 <sup>c</sup>	60,0 <sup>cd</sup>	56,2 <sup>cd</sup>
	Ja 12	0,7 <sup>bc</sup>	0,7 <sup>bc</sup>	24,7 <sup>a</sup>	24,8 <sup>a</sup>	18,7 <sup>a</sup>	18,4 <sup>a</sup>	2,8 <sup>abc</sup>	2,6 <sup>abc</sup>	7,9 <sup>bc</sup>	7,7 <sup>bc</sup>	62,6 <sup>bcd</sup>	59,9 <sup>bcd</sup>
	Ja 23	0,8 <sup>ab</sup>	0,8 <sup>abc</sup>	24,3 <sup>c</sup>	24,6 <sup>b</sup>	18,6 <sup>a</sup>	18,5 <sup>a</sup>	2,9 <sup>ab</sup>	2,7 <sup>ab</sup>	8,3 <sup>b</sup>	8,1 <sup>bc</sup>	63,1 <sup>bc</sup>	61,6 <sup>bc</sup>
	Ja 35	0,8 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	24,7 <sup>a</sup>	24,9 <sup>a</sup>	18,7 <sup>a</sup>	18,8 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	8,5 <sup>b</sup>	8,3 <sup>b</sup>	65,1 <sup>abc</sup>	63,6 <sup>bc</sup>
<i>TB NSL4</i>		0,8 <sup>A</sup>	0,8 <sup>A</sup>	24,8 <sup>A</sup>	24,8 <sup>A</sup>	4,2 <sup>B</sup>	4,0 <sup>B</sup>	2,4 <sup>D</sup>	2,2 <sup>D</sup>	11,2 <sup>A</sup>	11,0 <sup>A</sup>	57,7 <sup>C</sup>	55,4 <sup>C</sup>
<i>TB NDB3</i>		0,7 <sup>B</sup>	0,8 <sup>AB</sup>	24,2 <sup>D</sup>	24,4 <sup>C</sup>	4,9 <sup>B</sup>	4,9 <sup>B</sup>	2,6 <sup>C</sup>	2,4 <sup>C</sup>	7,3 <sup>C</sup>	7,1 <sup>C</sup>	63,0 <sup>B</sup>	59,1 <sup>BC</sup>
<i>TB Ja 12</i>		0,7 <sup>BC</sup>	0,7 <sup>BC</sup>	24,6 <sup>B</sup>	24,7 <sup>AB</sup>	18,5 <sup>A</sup>	18,3 <sup>A</sup>	2,7 <sup>BC</sup>	2,5 <sup>BC</sup>	7,8 <sup>BC</sup>	7,7 <sup>BC</sup>	64,3 <sup>AB</sup>	62,8 <sup>AB</sup>
<i>TB Ja 23</i>		0,7 <sup>BC</sup>	0,8 <sup>BC</sup>	24,3 <sup>C</sup>	24,5 <sup>BC</sup>	18,7 <sup>A</sup>	18,6 <sup>A</sup>	2,9 <sup>B</sup>	2,7 <sup>B</sup>	8,2 <sup>B</sup>	8,0 <sup>B</sup>	66,0 <sup>AB</sup>	63,7 <sup>AB</sup>
<i>TB Ja 35</i>		0,7 <sup>C</sup>	0,7 <sup>C</sup>	24,2 <sup>D</sup>	24,6 <sup>B</sup>	18,8 <sup>A</sup>	18,8 <sup>A</sup>	3,0 <sup>A</sup>	2,8 <sup>A</sup>	8,4 <sup>B</sup>	8,2 <sup>B</sup>	68,5 <sup>A</sup>	67,6 <sup>A</sup>
TB Điện Biên Phủ		0,7 <sup>*</sup>	0,8 <sup>*</sup>	24,5 <sup>*</sup>	24,7 <sup>*</sup>	13,1 <sup>*</sup>	13,0 <sup>*</sup>	2,8 <sup>*</sup>	2,6 <sup>*</sup>	8,7 <sup>*</sup>	8,5 <sup>*</sup>	61,0	58,9
TB Mộc Châu		0,7	0,7	24,3	24,5	12,9	12,8	2,7	2,5	8,5	8,3	66,8 <sup>*</sup>	64,5 <sup>*</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các giống, ký hiệu \* thể hiện sự không khác nhau giữa các vùng và chữ <sup>a</sup> thể hiện sự tương tác giữa giống và vùng không khác nhau ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey.

Khối lượng phôi của các giống trong nghiên cứu dao động khoảng 0,6 - 0,9 mg/hạt. Trong đó, dòng Ja35 có khối lượng phôi lớn nhất ở cả hai vụ, tiếp đến là Ja23 và NDB3, trong khi NSL4 có phôi nhỏ hơn. Phôi là bộ phận giàu lipid, protein và các hợp chất chống oxy hóa của hạt gạo, do đó kích thước phôi có mối liên hệ chặt chẽ với giá trị dinh dưỡng của gạo lứt (Bo & cs., 2020). Nghiên cứu về lúa phôi lớn cho thấy sự gia tăng kích thước phôi thường đi kèm với hàm lượng lipid và các hợp chất chống oxy hóa cao hơn trong cám gạo (Sakata & cs., 2016; Ming & cs., 2019). Quá trình phát triển phôi cũng có mối liên hệ chặt chẽ với sự tương tác giữa phôi và nội nhũ trong giai đoạn phát triển hạt (Lu & cs., 2020).

Độ dày lớp vỏ lụa của các giống dao động 24,1 - 24,9  $\mu\text{m}$ , trong đó Ja35 và Ja12 có lớp vỏ lụa dày hơn so với các giống còn lại. Lớp vỏ lụa cùng với lớp aleurone tạo thành phần cám gạo, nơi tích lũy nhiều hợp chất dinh dưỡng như lipid, protein, vitamin và các hợp chất chống oxy hóa (Juliano & Tuesta, 2019; Goufo & Trindade, 2014). Một số nghiên cứu cho thấy số lớp tế bào aleurone và độ dày lớp cám có mối liên hệ chặt chẽ với hàm lượng lipid và các hợp chất dinh dưỡng của hạt gạo (Khin & cs., 2015; Li & cs., 2021). Vì vậy, các giống có lớp vỏ lụa dày thường có tiềm năng giá trị dinh dưỡng cao hơn khi sử dụng dưới dạng gạo lứt.

Hàm lượng amylose của các giống có sự phân hóa rõ rệt giữa nhóm nếp và nhóm tẻ. Các dòng Ja12, Ja23 và Ja35 có hàm lượng amylose cao (khoảng 18 - 19%), trong khi NSL4 và NDB3 có hàm lượng thấp (khoảng 4 - 5%). Amylose là chỉ tiêu quan trọng quyết định cấu trúc tinh bột và chất lượng cảm quan của cơm gạo. Tỷ lệ amylose và amylopectin trong tinh bột ảnh hưởng trực tiếp đến độ mềm, độ dẻo và tốc độ tiêu hóa của tinh bột (Min & cs., 2024). Sự khác biệt về hàm lượng amylose giữa các giống phản ánh đặc điểm di truyền và có ảnh hưởng lớn đến đặc tính sử dụng của gạo (Prom-u-thai & Rerkasem, 2020; Zhao & cs., 2022).

Hàm lượng lipid trong cám gạo chịu ảnh hưởng đồng thời của kiểu gen và điều kiện sinh thái. Kết quả cho thấy các dòng Japonica (Ja 12, Ja 23 và Ja 35) có hàm lượng lipid cao hơn so với các mẫu giống nếp địa phương, trong đó Ja 35 đạt



giá trị cao nhất (3,0% ở vụ Xuân và 2,8% ở vụ Mùa). Theo địa điểm, Điện Biên có hàm lượng lipid trung bình cao hơn Sơn La, phản ánh vai trò của điều kiện sinh thái trong giai đoạn tích lũy vật chất vào hạt. Sự khác biệt này cho thấy lipid chủ yếu được tích lũy trong phôi và lớp aleurone, những cấu trúc chịu ảnh hưởng mạnh của cả nền di truyền và môi trường sinh trưởng. Như vậy, hàm lượng lipid của gạo lứt phụ thuộc vào tương tác kiểu gen - môi trường trong quá trình hình thành và phát triển hạt.

Hàm lượng protein của các giống dao động từ khoảng 7,0 - 11,5%, trong đó NSL4 có hàm lượng cao hơn các dòng Ja. Protein trong hạt gạo được tổng hợp và tích lũy chủ yếu trong nội nhũ sau trổ, chịu ảnh hưởng của yếu tố di truyền và điều kiện môi trường trong giai đoạn tích lũy vật chất của hạt (Ha & cs., 2024; ElShamey & cs., 2025). Ngoài ra, quá trình phân bố và vận chuyển nitơ từ thân lá vào hạt cũng đóng vai trò quan trọng đối với hàm lượng protein của gạo (Noor & cs., 2023).

Hàm lượng  $\gamma$ -oryzanol của các giống dao động 54,1 - 71,9 mg/100g, trong đó Ja35 có giá trị cao nhất.  $\gamma$ -oryzanol là hợp chất chống oxy hóa đặc trưng của cám gạo, chủ yếu tích lũy trong lớp cám và phôi nên thường có hàm lượng cao trong gạo lứt (Goufo & Trindade, 2014; Helena & cs., 2025). Hàm lượng  $\gamma$ -oryzanol cũng chịu ảnh hưởng của kiểu gen và điều kiện sinh thái của vùng trồng (Swarnadip & cs., 2023).

Như vậy, sự khác biệt về chất lượng gạo lứt giữa hai vùng nghiên cứu không chỉ phản ánh đặc điểm di truyền của giống mà còn liên quan đến điều kiện sinh thái, đặc biệt là biên độ nhiệt trong giai đoạn phát triển hạt. Điều này phù hợp với các nghiên cứu cho thấy chất lượng hạt gạo chịu ảnh hưởng mạnh của tương tác giữa kiểu gen và môi trường (Fernando & cs., 2025; Manju & cs., 2025).

Trong số các dòng nghiên cứu, Ja35 được xác định là dòng triển vọng nhờ năng suất thực thu cao, khối lượng hạt lớn và hàm lượng các hợp chất dinh dưỡng trong lớp cám gạo cao, phù hợp cho phát triển sản xuất gạo lứt. Đồng thời, trong nhóm giống nếp bản địa, NDB3 thể hiện ưu thế về năng suất và hàm lượng lipid,  $\gamma$ -oryzanol, cho thấy tiềm năng làm nguồn vật liệu thích hợp cho sản xuất và chế biến gạo lứt tại vùng miền núi phía Bắc.

### **4.3. NGHIÊN CỨU BIỆN PHÁP KỸ THUẬT CANH TÁC MẪU GIỐNG LÚA CÓ TIỀM NĂNG SẢN XUẤT GẠO LÚT**

#### **4.3.1. Ảnh hưởng của lượng đạm bón đến năng suất và chất lượng gạo lứt trong điều kiện nhà lưới**

##### ***4.3.1.1. Ảnh hưởng của lượng đạm bón đến sinh trưởng của các mẫu giống lúa***

Chỉ số SPAD phản ánh trạng thái diệp lục và mức cung nitơ của lá, qua đó quyết định tiềm năng quang hợp và hiệu quả sử dụng đạm (Bảng 4.12). Giữa các mẫu giống, Ja 35 duy trì SPAD cao nhất 35,6, tiếp đến Ja 23 đạt 35,2 và NDB3 34,1, cho thấy khác biệt di truyền về khả năng tích lũy diệp lục và duy trì bộ lá. Ảnh hưởng của mức bón N thể hiện rõ và có ý nghĩa thống kê: SPAD tăng từ 25,9 ở 0,5N lên 36,4 ở 1N và 41,5 ở 1,5N. Diễn biến này phù hợp với cơ chế sinh lý khi nitơ tham gia trực tiếp vào cấu trúc chlorophyll và protein quang hợp, đặc biệt là Rubisco, làm gia tăng khả năng đồng hóa CO<sub>2</sub> (Peng & cs., 2021).

Tương tác mẫu giống - mức N cho thấy Ja 35 phản ứng mạnh nhất với gia tăng đạm, đạt 43,0 ở mức 1,5N, vượt NSL4 và NDB3 cùng mức. Điều này phản ánh hiệu quả sử dụng đạm cao hơn và khả năng duy trì trạng thái diệp lục ổn định của Ja 35 trong điều kiện thâm canh. Ngược lại, NDB3 ở 0,5N chỉ đạt 24,8, cho thấy mẫn cảm với thiếu đạm và hạn chế về khả năng hấp thu hoặc tái phân bố N. Xu hướng SPAD tăng theo mức N nhưng có dấu hiệu bão hòa ở ngưỡng cao phù hợp với đặc tính sinh lý của lá khi hệ enzyme quang hợp đạt giới hạn hoạt động.

Cường độ quang hợp biến động đồng pha với SPAD. Trung bình, Ja 35 đạt 25,3 - 25,0  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ , cao hơn Ja 23 và NSL4. Theo mức đạm, quang hợp tăng từ 20,7 - 19,8 ở 0,5N lên 25,9 - 25,8 ở 1,5N; riêng Ja 35 đạt 27,0 - 28,0  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$  ở 1,5N, vượt NSL4 25,0 - 24,0. Kết quả này khẳng định hoạt động quang hợp hiệu quả hơn ở Ja 35, phù hợp với các nghiên cứu cho thấy gia tăng hàm lượng đạm làm tăng trực tiếp cường độ quang hợp (Min & cs., 2024).

Tổng hợp lại, SPAD và cường độ quang hợp chịu chi phối đồng thời của kiểu gen, mức bón N và tương tác giữa hai yếu tố; trong đó Ja 35 ở mức 1,5N biểu hiện tiềm năng quang hợp và hiệu quả sử dụng đạm vượt trội, tạo cơ sở sinh lý cho ưu thế sinh trưởng và năng suất của dòng này.

**Bảng 4.12. Ảnh hưởng của mức đạm bón đến các chỉ tiêu sinh lý trong vụ xuân và vụ mùa năm 2021 tại Sơn La**

Dòng/ mẫu giống	Mức bón đạm	Chỉ số SPAD		Cường độ quang hợp ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ )		Chất khô tích lũy giai đoạn ... g					
						Đẻ nhánh		Trổ		Chín sấp	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
NSL 4	0,5 N	24,0 <sup>b</sup>	25,0 <sup>b</sup>	19,0 <sup>d</sup>	19,0 <sup>e</sup>	4,2 <sup>c</sup>	4,4 <sup>e</sup>	24,0 <sup>ef</sup>	29,0 <sup>bcd</sup>	26,0 <sup>cd</sup>	27,0 <sup>c</sup>
NDB 3		24,8 <sup>b</sup>	26,0 <sup>b</sup>	19,0 <sup>d</sup>	20,0 <sup>de</sup>	4,3 <sup>bc</sup>	4,3 <sup>e</sup>	25,0 <sup>ef</sup>	28,0 <sup>d</sup>	26,0 <sup>cd</sup>	28,0 <sup>c</sup>
Ja 12		25,0 <sup>b</sup>	26,0 <sup>b</sup>	20,4 <sup>cd</sup>	19,1 <sup>e</sup>	4,3 <sup>bc</sup>	4,2 <sup>e</sup>	22,3 <sup>f</sup>	28,2 <sup>cd</sup>	25,3 <sup>d</sup>	26,1 <sup>c</sup>
Ja 23		27,7 <sup>b</sup>	28,0 <sup>b</sup>	22,0 <sup>bcd</sup>	20,0 <sup>de</sup>	4,5 <sup>bc</sup>	4,5 <sup>de</sup>	23,0 <sup>f</sup>	29,0 <sup>bcd</sup>	26,0 <sup>cd</sup>	28,0 <sup>c</sup>
Ja 35		27,9 <sup>b</sup>	29,0 <sup>b</sup>	23,0 <sup>abcd</sup>	21,0 <sup>cde</sup>	4,5 <sup>bc</sup>	4,8 <sup>cde</sup>	24,0 <sup>ef</sup>	30,0 <sup>bcd</sup>	26,0 <sup>cd</sup>	28,0 <sup>c</sup>
NSL 4	1 N	36,5 <sup>a</sup>	37,0 <sup>a</sup>	22,0 <sup>bcd</sup>	21,0 <sup>cde</sup>	5,3 <sup>bc</sup>	6,3 <sup>b</sup>	32,0 <sup>cd</sup>	35,0 <sup>bcd</sup>	35,0 <sup>b</sup>	38,0 <sup>b</sup>
NDB 3		35,9 <sup>a</sup>	37,0 <sup>a</sup>	23,0 <sup>abcd</sup>	21,0 <sup>cde</sup>	5,2 <sup>bc</sup>	6,2 <sup>b</sup>	33,0 <sup>bcd</sup>	36,0 <sup>bc</sup>	35,0 <sup>b</sup>	39,0 <sup>b</sup>
Ja 12		36,0 <sup>a</sup>	38,0 <sup>a</sup>	24,2 <sup>abc</sup>	22,2 <sup>bcde</sup>	5,2 <sup>bc</sup>	5,8 <sup>bcd</sup>	30,7 <sup>de</sup>	36,6 <sup>b</sup>	34,2 <sup>bc</sup>	37,6 <sup>b</sup>
Ja 23		36,0 <sup>a</sup>	38,0 <sup>a</sup>	25,0 <sup>abc</sup>	24,0 <sup>abcd</sup>	5,3 <sup>bc</sup>	5,9 <sup>bc</sup>	32,0 <sup>cd</sup>	35,0 <sup>bcd</sup>	34,0 <sup>bc</sup>	38,0 <sup>b</sup>
Ja 35		37,6 <sup>a</sup>	39,0 <sup>a</sup>	26,0 <sup>ab</sup>	26,0 <sup>ab</sup>	5,5 <sup>b</sup>	6,1 <sup>bc</sup>	33,0 <sup>bcd</sup>	36,0 <sup>bc</sup>	35,0 <sup>b</sup>	39,0 <sup>b</sup>
NSL 4	1,5 N	40,8 <sup>a</sup>	41,0 <sup>a</sup>	25,0 <sup>abc</sup>	24,0 <sup>abcd</sup>	7,3 <sup>a</sup>	7,9 <sup>a</sup>	39,0 <sup>ab</sup>	45,0 <sup>a</sup>	55,0 <sup>a</sup>	57,0 <sup>a</sup>
NDB 3		41,5 <sup>a</sup>	42,0 <sup>a</sup>	26,0 <sup>ab</sup>	25,0 <sup>abc</sup>	7,5 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	39,0 <sup>ab</sup>	46,0 <sup>a</sup>	56,0 <sup>a</sup>	58,0 <sup>a</sup>
Ja 12		41,0 <sup>a</sup>	42,0 <sup>a</sup>	25,4 <sup>ab</sup>	24,9 <sup>abc</sup>	7,4 <sup>a</sup>	8,1 <sup>a</sup>	38,4 <sup>abc</sup>	45,4 <sup>a</sup>	54,3 <sup>a</sup>	56,6 <sup>a</sup>
Ja 23		42,0 <sup>a</sup>	43,0 <sup>a</sup>	26,0 <sup>ab</sup>	27,0 <sup>ab</sup>	7,3 <sup>a</sup>	8,2 <sup>a</sup>	39,0 <sup>ab</sup>	46,0 <sup>a</sup>	54,0 <sup>a</sup>	58,0 <sup>a</sup>
Ja 35		42,0 <sup>a</sup>	43,0 <sup>a</sup>	27,0 <sup>a</sup>	28,0 <sup>a</sup>	7,4 <sup>a</sup>	8,2 <sup>a</sup>	40,0 <sup>a</sup>	45,0 <sup>a</sup>	55,0 <sup>a</sup>	57,0 <sup>a</sup>
<i>TB 0,5 N</i>		25,9 <sup><math>\gamma</math></sup>	26,8 <sup><math>\gamma</math></sup>	20,7 <sup><math>\gamma</math></sup>	19,8 <sup><math>\gamma</math></sup>	4,4 <sup><math>\gamma</math></sup>	4,4 <sup><math>\gamma</math></sup>	23,7 <sup><math>\gamma</math></sup>	28,8 <sup><math>\gamma</math></sup>	25,9 <sup><math>\gamma</math></sup>	27,4 <sup><math>\gamma</math></sup>
<i>TB 1 N</i>		36,4 <sup><math>\beta</math></sup>	37,8 <sup><math>\beta</math></sup>	24,0 <sup><math>\beta</math></sup>	22,8 <sup><math>\beta</math></sup>	5,3 <sup><math>\beta</math></sup>	6,1 <sup><math>\beta</math></sup>	32,1 <sup><math>\beta</math></sup>	35,7 <sup><math>\beta</math></sup>	34,6 <sup><math>\beta</math></sup>	38,3 <sup><math>\beta</math></sup>
<i>TB 1,5 N</i>		41,5 <sup><math>\alpha</math></sup>	42,2 <sup><math>\alpha</math></sup>	25,9 <sup><math>\alpha</math></sup>	25,8 <sup><math>\alpha</math></sup>	7,4 <sup><math>\alpha</math></sup>	8,1 <sup><math>\alpha</math></sup>	39,1 <sup><math>\alpha</math></sup>	45,5 <sup><math>\alpha</math></sup>	54,9 <sup><math>\alpha</math></sup>	57,3 <sup><math>\alpha</math></sup>
TB NSL4		33,8 <sup>B</sup>	34,3 <sup>B</sup>	22,0 <sup>C</sup>	21,3 <sup>C</sup>	5,6 <sup>A</sup>	6,2 <sup>A</sup>	31,7 <sup>A</sup>	36,3 <sup>B</sup>	38,7 <sup>A</sup>	40,7 <sup>B</sup>
TB NDB3		34,1 <sup>B</sup>	35,0 <sup>B</sup>	22,7 <sup>BC</sup>	22,0 <sup>BC</sup>	5,7 <sup>A</sup>	6,2 <sup>A</sup>	32,3 <sup>A</sup>	36,7 <sup>A</sup>	39,0 <sup>A</sup>	41,7 <sup>A</sup>
TB Ja 12		34,0 <sup>B</sup>	35,3 <sup>B</sup>	23,3 <sup>ABC</sup>	22,1 <sup>BC</sup>	5,6 <sup>A</sup>	6,0 <sup>AB</sup>	30,5 <sup>B</sup>	36,7 <sup>A</sup>	37,9 <sup>B</sup>	40,1 <sup>C</sup>
TB Ja 23		35,2 <sup>A</sup>	36,3 <sup>A</sup>	24,3 <sup>AB</sup>	23,7 <sup>AB</sup>	5,7 <sup>A</sup>	6,2 <sup>A</sup>	31,3 <sup>AB</sup>	36,7 <sup>A</sup>	38,0 <sup>B</sup>	41,3 <sup>A</sup>
TB Ja 35		35,8 <sup>A</sup>	37,0 <sup>A</sup>	25,3 <sup>A</sup>	25,0 <sup>A</sup>	5,8 <sup>A</sup>	6,4 <sup>A</sup>	32,3 <sup>A</sup>	37,0 <sup>A</sup>	38,7 <sup>AB</sup>	41,3 <sup>A</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mức bón, ký hiệu  $\alpha$  thể hiện sự không khác nhau giữa các giống và chữ <sup>a</sup> thể hiện sự tương tác giữa giống và mức bón không khác nhau ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey.

Về chất khô tích lũy, mức bón N làm gia tăng rõ rệt sinh khối ở cả ba giai đoạn sinh trưởng. Ở đẻ nhánh, chất khô tăng từ 4,4 g/khóm ở 0,5N lên 7,4 g/khóm ở 1,5N; ở trổ tăng từ 23,7 lên 39,1 g/khóm; và ở chín sấp tăng từ 25,9 lên 54,9 g/khóm. Ja 35 và NDB3 luôn đạt giá trị cao hơn NSL4 và Ja 12, đặc biệt ở 1,5N, Ja 35 đạt 40,0 g/khóm tại trổ và 55,0 - 57,0 g/khóm tại chín sấp. Xu thế này phản ánh khả năng duy trì hoạt động quang hợp và vận chuyển hydrat carbon mạnh hơn khi được cung cấp đủ N, phù hợp với cơ chế kéo dài thời gian hoạt động của bộ lá và tăng cường phân bổ chất đồng hóa vào thân và hạt (Peng & cs., 2021).

Tương tác kiểu gen - mức N thể hiện rõ: ở 0,5N, khác biệt giữa các mẫu giống còn hạn chế, nhưng ở 1,5N, Ja 35 và Ja 23 vượt trội với SPAD trên 42, quang hợp trên 27  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$  và sinh khối chín sấp cao nhất. Điều này khẳng định sự khác biệt về hiệu quả sử dụng đạm và năng lực chuyển hóa N thành sinh khối giữa các kiểu gen (Min & cs., 2024).

Nhìn chung, tồn tại tương tác rõ rệt giữa kiểu gen và mức N; hiệu quả của bón đạm phụ thuộc mạnh vào đặc tính di truyền của mẫu giống. Mức 1,5N cho phép phát huy tối đa tiềm năng sinh trưởng sinh lý của Ja 35 và NDB3 trong điều kiện thí nghiệm, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho việc xây dựng quy trình bón đạm tối ưu gắn với lựa chọn mẫu giống phù hợp trong sản xuất lúa (Peng & cs., 2021; Min & cs., 2024; Gong & cs., 2025).

#### ***4.3.1.2. Ảnh hưởng của lượng đạm bón đến năng suất của các mẫu giống lúa***

Kết quả Bảng 4.13 cho thấy số bông/khóm chịu chi phối mạnh của mức đạm và kiểu gen. Ở 0,5N, các mẫu giống chỉ đạt 6,8 - 7,8 bông/khóm. Khi tăng lên 1N, nhóm Ja phản ứng rõ rệt, Ja 35 đạt 11,4 - 12,2 bông/khóm, trong khi NSL4 giảm còn 4,7 - 3,9 bông/khóm. Ở 1,5N, Ja 35 tiếp tục tăng lên 14,0 - 13,7 bông/khóm, còn NDB3 và NSL4 chỉ đạt 6,5 - 5,7 và 5,7 - 4,9 bông/khóm. Trung bình các mức, số bông tăng từ 7,1 ở 0,5N lên 9,9 ở 1,5N, khẳng định vai trò của nitơ trong kích thích phân hóa chồi.

**Bảng 4.13. Ảnh hưởng của mức đạm bón đến các chỉ tiêu năng suất trong vụ xuân và vụ mùa năm 2021 tại Sơn La**

Dòng/ mẫu giống	Mức bón đạm	Số bông/khóm		Số hạt/bông		P1000 hạt (Gram)		Tỉ lệ hạt chắc (%)		NSCT (g/khóm)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
NSL 4	0,5 N	6,8 <sup>def</sup>	6,2 <sup>ef</sup>	145,0 <sup>ab</sup>	138,0 <sup>c</sup>	26,5 <sup>bcd</sup>	26,3 <sup>bc</sup>	90,0 <sup>a</sup>	89,0 <sup>a</sup>	23,5 <sup>ef</sup>	20,0 <sup>e</sup>
NDB 3	0,5 N	7,1 <sup>cde</sup>	6,9 <sup>de</sup>	149,0 <sup>a</sup>	142,0 <sup>bc</sup>	32,8 <sup>a</sup>	32,5 <sup>a</sup>	90,0 <sup>a</sup>	91,0 <sup>a</sup>	31,2 <sup>d</sup>	29,0 <sup>d</sup>
Ja 12	0,5 N	6,8 <sup>def</sup>	6,4 <sup>ef</sup>	151,0 <sup>a</sup>	151,0 <sup>abc</sup>	24,4 <sup>d</sup>	24,2 <sup>c</sup>	90,0 <sup>a</sup>	90,0 <sup>a</sup>	15,4 <sup>gh</sup>	15,2 <sup>efg</sup>
Ja 23	0,5 N	7,1 <sup>cde</sup>	6,8 <sup>de</sup>	155,0 <sup>a</sup>	155,0 <sup>abc</sup>	25,8 <sup>d</sup>	25,7 <sup>bc</sup>	71,5 <sup>bc</sup>	69,0 <sup>bcd</sup>	19,5 <sup>fg</sup>	18,7 <sup>ef</sup>
Ja 35	0,5 N	7,8 <sup>cd</sup>	7,4 <sup>cde</sup>	162,0 <sup>a</sup>	160,0 <sup>abc</sup>	26,2 <sup>cd</sup>	26,0 <sup>bc</sup>	92,0 <sup>a</sup>	91,0 <sup>a</sup>	29,2 <sup>de</sup>	28,0 <sup>d</sup>
NSL 4	1 N	4,7 <sup>g</sup>	3,9 <sup>g</sup>	87,0 <sup>c</sup>	81,0 <sup>d</sup>	26,5 <sup>bcd</sup>	26,3 <sup>bc</sup>	89,0 <sup>ab</sup>	86,0 <sup>ab</sup>	9,1 <sup>h</sup>	5,8 <sup>i</sup>
NDB 3	1 N	5,2 <sup>fg</sup>	4,8 <sup>fg</sup>	103,0 <sup>c</sup>	96,0 <sup>d</sup>	32,1 <sup>ab</sup>	32,0 <sup>a</sup>	89,0 <sup>ab</sup>	88,0 <sup>a</sup>	16,1 <sup>g</sup>	10,9 <sup>ghi</sup>
Ja 12	1 N	8,8 <sup>c</sup>	8,4 <sup>cd</sup>	158,6 <sup>a</sup>	165,6 <sup>abc</sup>	24,9 <sup>d</sup>	24,7 <sup>c</sup>	77,8 <sup>abc</sup>	75,8 <sup>abc</sup>	32,8 <sup>d</sup>	26,8 <sup>d</sup>
Ja 23	1 N	8,9 <sup>c</sup>	8,7 <sup>c</sup>	161,0 <sup>a</sup>	172,0 <sup>a</sup>	26,1 <sup>cd</sup>	26,0 <sup>bc</sup>	79,3 <sup>abc</sup>	70,6 <sup>bcd</sup>	41,3 <sup>c</sup>	39,6 <sup>c</sup>
Ja 35	1 N	12,2 <sup>ab</sup>	11,4 <sup>b</sup>	173,0 <sup>a</sup>	171,0 <sup>ab</sup>	26,1 <sup>cd</sup>	26,1 <sup>bc</sup>	91,0 <sup>a</sup>	91,0 <sup>a</sup>	55,9 <sup>a</sup>	53,7 <sup>a</sup>
NSL 4	1,5 N	5,7 <sup>efg</sup>	4,9 <sup>fg</sup>	98,0 <sup>c</sup>	78,0 <sup>d</sup>	26,4 <sup>bcd</sup>	26,2 <sup>bc</sup>	62,0 <sup>c</sup>	58,0 <sup>d</sup>	9,6 <sup>h</sup>	7,1 <sup>hi</sup>
NDB 3	1,5 N	6,5 <sup>d efg</sup>	5,7 <sup>ef</sup>	115,0 <sup>bc</sup>	93,0 <sup>d</sup>	31,6 <sup>abc</sup>	31,1 <sup>ab</sup>	68,0 <sup>c</sup>	66,0 <sup>cd</sup>	15,3 <sup>gh</sup>	13,0 <sup>fgh</sup>
Ja 12	1,5 N	11,4 <sup>b</sup>	10,8 <sup>b</sup>	168,4 <sup>a</sup>	159,6 <sup>abc</sup>	24,8 <sup>d</sup>	24,6 <sup>c</sup>	68,8 <sup>c</sup>	63,2 <sup>cd</sup>	27,0 <sup>de</sup>	26,0 <sup>d</sup>
Ja 23	1,5 N	11,8 <sup>b</sup>	11,4 <sup>b</sup>	155,0 <sup>a</sup>	150,0 <sup>abc</sup>	26,1 <sup>cd</sup>	26,1 <sup>bc</sup>	90,0 <sup>a</sup>	89,0 <sup>a</sup>	28,6 <sup>de</sup>	27,5 <sup>d</sup>
Ja 35	1,5 N	14,0 <sup>a</sup>	13,7 <sup>a</sup>	172,0 <sup>a</sup>	167,0 <sup>abc</sup>	26,2 <sup>cd</sup>	26,1 <sup>bc</sup>	92,0 <sup>a</sup>	90,0 <sup>a</sup>	48,2 <sup>b</sup>	46,3 <sup>b</sup>
TB 0,5 N		7,1 <sup>γ</sup>	7,1 <sup>γ</sup>	6,7 <sup>γ</sup>	152,4 <sup>α</sup>	27,1 <sup>α</sup>	26,9 <sup>β</sup>	86,7 <sup>α</sup>	86,0 <sup>α</sup>	23,8 <sup>γ</sup>	22,2 <sup>γ</sup>
TB 1 N		8,0 <sup>β</sup>	8,0 <sup>β</sup>	7,4 <sup>β</sup>	137,1 <sup>β</sup>	27,1 <sup>α</sup>	27,0 <sup>α</sup>	85,2 <sup>α</sup>	82,3 <sup>α</sup>	31,0 <sup>α</sup>	27,3 <sup>α</sup>
TB 1,5 N		9,9 <sup>α</sup>	9,9 <sup>α</sup>	9,3 <sup>α</sup>	129,5 <sup>β</sup>	27,0 <sup>β</sup>	26,8 <sup>γ</sup>	76,2 <sup>β</sup>	73,2 <sup>β</sup>	25,7 <sup>β</sup>	24,0 <sup>β</sup>
TB NSL4		5,7 <sup>D</sup>	5,7 <sup>C</sup>	5,0 <sup>D</sup>	99,0 <sup>B</sup>	26,5 <sup>B</sup>	26,3 <sup>B</sup>	80,3 <sup>B</sup>	77,7 <sup>B</sup>	14,1 <sup>E</sup>	11,0 <sup>E</sup>
TB NDB3		6,3 <sup>C</sup>	6,3 <sup>C</sup>	5,8 <sup>C</sup>	110,3 <sup>B</sup>	32,2 <sup>A</sup>	31,9 <sup>A</sup>	82,3 <sup>B</sup>	81,7 <sup>B</sup>	20,9 <sup>D</sup>	17,6 <sup>D</sup>
TB Ja 12		9,0 <sup>B</sup>	9,0 <sup>B</sup>	8,5 <sup>B</sup>	158,7 <sup>A</sup>	24,7 <sup>B</sup>	24,5 <sup>B</sup>	78,9 <sup>B</sup>	76,3 <sup>B</sup>	25,1 <sup>C</sup>	22,7 <sup>C</sup>
TB Ja 23		9,3 <sup>B</sup>	9,3 <sup>B</sup>	9,0 <sup>B</sup>	159,0 <sup>A</sup>	26,0 <sup>B</sup>	25,9 <sup>B</sup>	80,3 <sup>B</sup>	76,2 <sup>B</sup>	29,8 <sup>B</sup>	28,6 <sup>B</sup>
TB Ja 35		11,3 <sup>A</sup>	11,3 <sup>A</sup>	10,8 <sup>A</sup>	166,0 <sup>A</sup>	26,2 <sup>B</sup>	26,1 <sup>B</sup>	91,7 <sup>A</sup>	90,7 <sup>A</sup>	44,4 <sup>A</sup>	42,7 <sup>A</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mức bón, ký hiệu <sup>α</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mẫu giống và chữ <sup>a</sup> thể hiện sự tương tác giữa mẫu giống và mức bón và không khác nhau ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey.

Khối lượng 1000 hạt biến động chủ yếu theo mẫu giống hơn là theo mức đạm. Ở 0,5N, giá trị dao động 24,4 - 32,8 g, trong đó NDB3 cao nhất (32,8 - 32,5 g). Ở 1N và 1,5N, P1000 hạt vẫn duy trì trong khoảng 24,8 - 32,1 g; trung bình chỉ thay đổi nhẹ từ 27,1 g xuống 27,0 g khi tăng đạm, khẳng định tính ổn định di truyền của chỉ tiêu này.

Tỷ lệ hạt chắc giảm rõ khi tăng đạm. Ở 0,5N, các mẫu giống đạt 86,7 - 92,0%; ở 1N vẫn duy trì 82,3 - 91,0%; nhưng ở 1,5N giảm mạnh, đặc biệt NSL4 chỉ còn 62,0 - 58,0% và NDB3 còn 68,0 - 66,0%. Trung bình tỷ lệ hạt chắc giảm từ 86,7% ở 0,5N xuống 85,2% ở 1N và 76,2% ở 1,5N, cho thấy bón thừa đạm thúc đẩy sinh trưởng sinh dưỡng quá mức, bất lợi cho quá trình thụ phấn và làm đầy hạt.

Năng suất cá thể phản ánh tổng hợp số bông, số hạt và tỷ lệ hạt chắc. Ở 0,5N, NSTT đạt 23,8 - 22,2 g/khóm; Ja 35 cao hơn (29,2 - 28,0 g/khóm). Ở 1N, NSTT tăng rõ, Ja 35 đạt 55,9 - 53,7 g/khóm. Ở 1,5N, Ja 35 đạt cao nhất 48,2 - 46,3 g/khóm, trong khi NSL4 chỉ còn 9,1 - 5,8 g/khóm.

Tổng hợp các chỉ tiêu cho thấy Ja 35 vượt trội về hình thành sức chứa và hiệu quả tích lũy sinh khối, với số bông/khóm cao (11,3), số hạt/bông lớn (166,0), tỷ lệ hạt chắc ổn định (91 - 90%) và năng suất cá thể cao (44,4 - 42,7 g/khóm). NDB3 tuy không đạt mức cao nhất nhưng duy trì ổn định số hạt/bông và khối lượng hạt, thể hiện giá trị của một mẫu giống bản địa thích nghi tốt.

Mức bón 1N tạo sự cân bằng tối ưu giữa tăng số bông và duy trì tỷ lệ hạt chắc, trong khi 1,5N làm suy giảm rõ hiệu quả kết hạt ở NSL4 và NDB3. Do đó, tổ hợp Ja 35 hoặc NDB3 với mức đạm 1N được xem là phương án hợp lý, bảo đảm hài hòa giữa sinh trưởng sinh dưỡng và sinh trưởng sinh thực.

#### ***4.3.1.3. Ảnh hưởng của lượng đạm bón đến chất lượng của các mẫu giống lúa***

Đạm (N) là yếu tố dinh dưỡng có thể điều chỉnh quá trình tích lũy tinh bột, protein và các hợp chất sinh học trong phôi và lớp aleurone. Lượng đạm bón thích hợp giúp tăng cường hoạt động quang hợp, thúc đẩy vận chuyển đồng hóa vào hạt và cải thiện hàm lượng protein cũng như một số thành phần dinh dưỡng như lipids và  $\gamma$ -oryzanol. Do đó, phản ứng về chất lượng hạt đối với lượng đạm bón thể hiện sự tương tác giữa yếu tố dinh dưỡng và kiểu gen trong hình thành chất lượng gạo.

**Bảng 4.14. Ảnh hưởng của lượng đạm bón đến các chỉ tiêu chất lượng trong vụ xuân và vụ mùa năm 2021 tại Sơn La**

Dòng/ mẫu giống	Mức bón đạm	Khối lượng phôi (mg)		Độ dày vỏ lụa (μm)		Amiloza (%)		Lipids/cám gạo (%)		Oryzanol /lipids (%)		Protein (%)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
NSL 4	0,5 N	0,7 <sup>d</sup>	0,6 <sup>f</sup>	24,1 <sup>b</sup>	24,1 <sup>bc</sup>	3,0 <sup>b</sup>	3,1 <sup>b</sup>	22,0 <sup>e</sup>	21,0 <sup>d</sup>	1,8 <sup>c</sup>	1,8 <sup>cd</sup>	11,6 <sup>a</sup>	11,5 <sup>a</sup>
NDB 3		0,8 <sup>cd</sup>	0,7 <sup>def</sup>	24,2 <sup>b</sup>	24,1 <sup>bc</sup>	4,1 <sup>b</sup>	4,1 <sup>b</sup>	22,0 <sup>e</sup>	21,0 <sup>d</sup>	1,8 <sup>bc</sup>	1,8 <sup>bcd</sup>	8,4 <sup>b</sup>	8,3 <sup>b</sup>
Ja 12		0,5 <sup>e</sup>	0,6 <sup>f</sup>	24,2 <sup>b</sup>	23,8 <sup>c</sup>	18,9 <sup>a</sup>	18,7 <sup>a</sup>	22,4 <sup>de</sup>	22,4 <sup>bc</sup>	1,8 <sup>bc</sup>	1,8 <sup>d</sup>	8,3 <sup>b</sup>	8,2 <sup>b</sup>
Ja 23		0,7 <sup>d</sup>	0,7 <sup>ef</sup>	24,8 <sup>a</sup>	22,0 <sup>e</sup>	18,8 <sup>a</sup>	18,8 <sup>a</sup>	21,3 <sup>ef</sup>	19,7 <sup>e</sup>	1,8 <sup>bc</sup>	2,0 <sup>abcd</sup>	8,4 <sup>b</sup>	8,4 <sup>b</sup>
Ja 35		0,8 <sup>cd</sup>	0,8 <sup>cde</sup>	26,3 <sup>a</sup>	23,3 <sup>d</sup>	18,8 <sup>a</sup>	18,8 <sup>a</sup>	23,8 <sup>cd</sup>	22,0 <sup>c</sup>	1,8 <sup>bc</sup>	2,0 <sup>abcd</sup>	8,5 <sup>b</sup>	8,4 <sup>b</sup>
NSL 4	1 N	0,8 <sup>cd</sup>	0,7 <sup>def</sup>	24,2 <sup>b</sup>	24,1 <sup>bc</sup>	3,1 <sup>b</sup>	3,0 <sup>b</sup>	23,0 <sup>d</sup>	22,0 <sup>c</sup>	1,8 <sup>bc</sup>	1,9 <sup>abcd</sup>	11,8 <sup>a</sup>	11,6 <sup>a</sup>
NDB 3		0,8 <sup>cd</sup>	0,8 <sup>bcde</sup>	24,3 <sup>b</sup>	24,2 <sup>bc</sup>	4,1 <sup>b</sup>	4,0 <sup>b</sup>	24,0 <sup>c</sup>	23,0 <sup>b</sup>	1,9 <sup>ab</sup>	2,0 <sup>abcd</sup>	8,4 <sup>b</sup>	8,3 <sup>b</sup>
Ja 12		0,7 <sup>d</sup>	0,7 <sup>def</sup>	24,8 <sup>b</sup>	24,0 <sup>bc</sup>	18,1 <sup>a</sup>	18,1 <sup>a</sup>	24,2 <sup>bc</sup>	24,2 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,0 <sup>abc</sup>	8,2 <sup>b</sup>	8,1 <sup>b</sup>
Ja 23		0,9 <sup>bc</sup>	1,0 <sup>a</sup>	24,5 <sup>b</sup>	24,0 <sup>bc</sup>	18,2 <sup>a</sup>	18,1 <sup>a</sup>	22,8 <sup>de</sup>	21,0 <sup>d</sup>	1,8 <sup>bc</sup>	2,0 <sup>abcd</sup>	8,4 <sup>b</sup>	8,3 <sup>b</sup>
Ja 35		1,0 <sup>ab</sup>	1,0 <sup>ab</sup>	24,7 <sup>b</sup>	24,2 <sup>bc</sup>	18,8 <sup>a</sup>	18,1 <sup>a</sup>	25,9 <sup>ab</sup>	23,9 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,0 <sup>ab</sup>	8,5 <sup>b</sup>	8,4 <sup>b</sup>
NSL 4	1,5 N	0,9 <sup>bc</sup>	0,9 <sup>abc</sup>	24,3 <sup>b</sup>	24,2 <sup>bc</sup>	3,8 <sup>b</sup>	3,7 <sup>b</sup>	24,0 <sup>c</sup>	23,0 <sup>b</sup>	1,9 <sup>bc</sup>	1,9 <sup>abcd</sup>	12,0 <sup>a</sup>	11,8 <sup>a</sup>
NDB 3		0,9 <sup>bc</sup>	0,9 <sup>abc</sup>	24,3 <sup>b</sup>	24,1 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>b</sup>	3,4 <sup>b</sup>	25,0 <sup>b</sup>	23,0 <sup>b</sup>	1,9 <sup>abc</sup>	2,0 <sup>a</sup>	8,4 <sup>b</sup>	8,3 <sup>b</sup>
Ja 12		1,1 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	24,6 <sup>b</sup>	24,4 <sup>b</sup>	18,0 <sup>a</sup>	19,0 <sup>a</sup>	24,0 <sup>b</sup>	24,0 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,0 <sup>abc</sup>	8,0 <sup>b</sup>	8,0 <sup>b</sup>
Ja 23		0,9 <sup>abc</sup>	0,9 <sup>abc</sup>	24,4 <sup>b</sup>	24,2 <sup>b</sup>	18,0 <sup>a</sup>	18,0 <sup>a</sup>	22,9 <sup>de</sup>	21,3 <sup>cd</sup>	1,9 <sup>abc</sup>	1,9 <sup>abcd</sup>	8,3 <sup>b</sup>	8,2 <sup>b</sup>
Ja 35		0,9 <sup>abc</sup>	0,9 <sup>abc</sup>	24,5 <sup>b</sup>	25,4 <sup>a</sup>	18,0 <sup>a</sup>	19,0 <sup>a</sup>	26,0 <sup>a</sup>	24,0 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,0 <sup>abc</sup>	8,5 <sup>b</sup>	8,4 <sup>b</sup>
<i>TB 0,5 N</i>		0,7 <sup>γ</sup>	0,7 <sup>γ</sup>	24,7 <sup>α</sup>	23,5 <sup>γ</sup>	12,7 <sup>α</sup>	12,7 <sup>α</sup>	22,3 <sup>β</sup>	21,2 <sup>β</sup>	1,8 <sup>β</sup>	1,9 <sup>β</sup>	9,0 <sup>β</sup>	9,0 <sup>α</sup>
<i>TB 1 N</i>		0,9 <sup>β</sup>	0,8 <sup>β</sup>	24,5 <sup>β</sup>	24,1 <sup>β</sup>	12,5 <sup>β</sup>	12,3 <sup>β</sup>	24,0 <sup>α</sup>	22,8 <sup>α</sup>	1,9 <sup>α</sup>	2,0 <sup>α</sup>	9,1 <sup>α</sup>	8,9 <sup>β</sup>
<i>TB 1,5 N</i>		1,0 <sup>α</sup>	0,9 <sup>α</sup>	24,4 <sup>β</sup>	24,5 <sup>α</sup>	12,2 <sup>γ</sup>	12,6 <sup>α</sup>	24,4 <sup>α</sup>	23,1 <sup>α</sup>	1,9 <sup>α</sup>	2,0 <sup>α</sup>	9,0 <sup>β</sup>	8,9 <sup>β</sup>
TB NSL4		0,8 <sup>C</sup>	0,7 <sup>C</sup>	24,2 <sup>D</sup>	24,1 <sup>B</sup>	3,3 <sup>B</sup>	3,3 <sup>B</sup>	23,0 <sup>AB</sup>	22,0 <sup>AB</sup>	1,8 <sup>C</sup>	1,9 <sup>B</sup>	11,8 <sup>A</sup>	11,6 <sup>A</sup>
TB NDB3		0,8 <sup>BC</sup>	0,8 <sup>ABC</sup>	24,3 <sup>C</sup>	24,1 <sup>B</sup>	3,9 <sup>B</sup>	3,8 <sup>B</sup>	23,7 <sup>AB</sup>	22,3 <sup>AB</sup>	1,9 <sup>B</sup>	2,0 <sup>AB</sup>	8,4 <sup>B</sup>	8,3 <sup>B</sup>
TB Ja 12		0,8 <sup>C</sup>	0,8 <sup>BC</sup>	24,5 <sup>B</sup>	24,1 <sup>B</sup>	18,3 <sup>A</sup>	18,6 <sup>A</sup>	23,5 <sup>AB</sup>	23,5 <sup>A</sup>	1,9 <sup>A</sup>	1,9 <sup>AB</sup>	8,2 <sup>B</sup>	8,1 <sup>B</sup>
TB Ja 23		0,9 <sup>AB</sup>	0,8 <sup>AB</sup>	24,6 <sup>B</sup>	23,4 <sup>A</sup>	18,3 <sup>A</sup>	18,3 <sup>A</sup>	22,3 <sup>B</sup>	20,7 <sup>B</sup>	1,9 <sup>BC</sup>	1,9 <sup>AB</sup>	8,4 <sup>B</sup>	8,3 <sup>B</sup>
TB Ja 35		0,9 <sup>A</sup>	0,9 <sup>A</sup>	25,2 <sup>A</sup>	24,3 <sup>A</sup>	18,5 <sup>A</sup>	18,7 <sup>A</sup>	25,2 <sup>A</sup>	23,3 <sup>A</sup>	1,9 <sup>A</sup>	2,0 <sup>A</sup>	8,5 <sup>B</sup>	8,4 <sup>B</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mức bón, ký hiệu <sup>α</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các giống và chữ <sup>a</sup> thể hiện sự tương tác giữa giống và mức bón không khác nhau ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey.

Kết quả tại Bảng 4.14 cho thấy khối lượng phôi tăng theo mức bón đạm, từ khoảng 0,7 mg ở 0,5N lên 1,0 mg ở 1,5N, phản ánh vai trò của N trong thúc đẩy phát triển phôi - cấu phần giàu lipid và hoạt chất sinh học. Ở mức 1 - 1,5N, các dòng Ja đạt 1,0 - 1,1 mg, cao hơn NSL4 và NDB3 (0,8 - 0,9 mg), cho thấy ưu thế di truyền của nhóm Ja trong phân bổ N về hạt.

Độ dày vỏ lụa dao động 23,8 - 25,4  $\mu\text{m}$  và tăng nhẹ khi tăng đạm; trung bình từ 23,5 - 24,0  $\mu\text{m}$  ở 0,5N lên 24,4 - 24,5  $\mu\text{m}$  ở 1,5N. Ja35 đạt cao nhất (25,4  $\mu\text{m}$  tại 1,5N). Do lớp aleurone là nơi tích lũy lipid và hợp chất phenolic, sự gia tăng này cho thấy bón N hợp lý có thể cải thiện tiềm năng dinh dưỡng của gạo lứt và phản ánh tương tác giữa giống và mức đạm đối với cấu trúc vỏ hạt (Harakotr & cs., 2021; Vu & cs., 2023).

Hàm lượng amylose chủ yếu phụ thuộc kiểu gen và ít chịu tác động của đạm. NSL4 và NDB3 duy trì mức thấp 3,0 - 4,1%, trong khi các dòng Ja ổn định 18,0 - 19,0% ở mọi mức N; trung bình theo mức bón chỉ dao động 12,2 - 12,8%. Điều này khẳng định amylose là tính trạng do di truyền chi phối, còn N chỉ điều chỉnh nhẹ thành phần tinh bột (Min & cs., 2024).

Hàm lượng lipid tăng theo mức N, trung bình từ 22,0% ở 0,5N lên 24,0% ở 1,5N; Ja35 đạt cao nhất (25,0 - 26,0%), tiếp đến NDB3, trong khi NSL4 thấp hơn. Xu hướng này phản ánh mối liên hệ giữa phát triển phôi, độ dày vỏ lụa và tích lũy lipid khi cây được cung cấp đủ N (Peng & cs., 2021).

Đối với  $\gamma$ -oryzanol, yếu tố giống đóng vai trò quyết định. Ja35 và Ja12 đạt 1,9 - 2,1%, cao hơn nhóm nếp bản địa. Tăng N từ 0,5N lên 1N làm tăng nhẹ khoảng 0,1%, nhưng 1,5N không tạo lợi thế rõ rệt. Điều này phù hợp với cơ chế sinh tổng hợp steryl ferulate phụ thuộc con đường phenylpropanoid và chuyển hóa lipid, trong đó N ở mức hợp lý thúc đẩy tích lũy tiền chất nhưng dư thừa N có thể ưu tiên tổng hợp protein (Yong & cs., 2025).

Hàm lượng protein tăng nhẹ theo mức N và khác biệt giữa các giống. NSL4 đạt cao nhất (11,5 - 12,0%), trong khi các dòng Ja khoảng 8,0 - 8,5%; trung bình tăng từ 9,0% ở 0,5N lên 9,1% ở 1N và gần như ổn định ở 1,5N, phản ánh vai trò



trực tiếp của N trong tích lũy hợp chất nitơ nhưng chịu chi phối bởi nền di truyền (Peng & cs., 2021).

Tổng hợp các chỉ tiêu cho thấy chất lượng gạo lứt là kết quả của tương tác giữa kiểu gen và mức đạm. Nhóm Ja, đặc biệt Ja35, vượt trội về khối lượng phôi, độ dày vỏ lụa, lipid và  $\gamma$ -oryzanol, trong khi NSL4 và NDB3 nổi bật về protein. Mức bón 1 - 1,5N giúp tối ưu các chỉ tiêu liên quan đến phôi và lớp aleurone mà không làm thay đổi bản chất amylose. Vì vậy, Ja35 kết hợp mức N trung bình - khá được xác định là hướng phù hợp cho phát triển gạo lứt chất lượng cao, trong khi NDB3 là nguồn gen bản địa có giá trị dinh dưỡng đặc thù.

#### **4.3.2. Ảnh hưởng của lượng đạm bón và mật độ cấy đến năng suất và chất lượng gạo lứt**

##### **4.3.2.1. Ảnh hưởng của lượng đạm bón và mật độ cấy đến năng suất và chất lượng của mẫu giống nếp Điện Biên**

###### ***a. Ảnh hưởng của mật độ cấy và phân bón đến sinh trưởng của mẫu giống nếp Điện Biên***

Chiều cao cây của mẫu giống nếp Điện Biên phản ứng rõ rệt với mức bón đạm (Bảng 4.15). Khi tăng lượng N từ N1 lên N3, chiều cao cây tăng có ý nghĩa thống kê ở cả hai vụ. Trong vụ Xuân, các công thức N3 đạt 160,3-167,3 cm, cao hơn rõ so với nhóm N1 ( $p \leq 0,05$ ). Kết quả này cho thấy nitơ đóng vai trò quan trọng trong quá trình phân chia và kéo dài tế bào, thúc đẩy sinh trưởng thân lá và mở rộng diện tích quang hợp. Xu hướng này tương đồng với kết quả của Ying & cs. (2022) về phản ứng hình thái của cây lúa đối với mức bón đạm.

Ảnh hưởng của mật độ cấy đến chiều cao cây thể hiện ở mức điều chỉnh, với xu hướng tăng nhẹ khi mật độ tăng từ 33 lên 50 khóm/m<sup>2</sup>, song biên độ biến động nhỏ hơn so với ảnh hưởng của đạm. Điều này cho thấy mật độ chủ yếu tác động thông qua thay đổi vi khí hậu và cạnh tranh ánh sáng trong quần thể, trong khi nitơ là yếu tố quyết định quá trình sinh trưởng của thân cây. Sự tương tác giữa đạm và mật độ thể hiện rõ khi các tổ hợp N3M2 và N3M3 đạt chiều cao lớn nhất, cho thấy hiệu quả của mật độ chỉ được phát huy đầy đủ khi cây được cung cấp dinh dưỡng thích hợp (Zi & cs., 2026).

**Bảng 4.15. Khả năng sinh trưởng của mẫu giống nếp Điện Biên ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023 tại Sơn La**

Phân đạm (N) (KgN/ha)	Mật độ cấy (M) (Khóm/m <sup>2</sup> )	Chiều cao cây (cm)		Số nhánh/khóm		LAI (m <sup>2</sup> lá/m <sup>2</sup> đất)		SPAD		Chất khô tích lũy giai đoạn trổ (gram/khóm)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
45	33	142,3 <sup>c</sup>	142,3 <sup>d</sup>	9,3 <sup>b</sup>	9,3 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>c</sup>	3,4 <sup>d</sup>	42,5 <sup>d</sup>	41,9 <sup>b</sup>	63,4 <sup>d</sup>	63,4 <sup>d</sup>
	40	142,7 <sup>c</sup>	142,7 <sup>d</sup>	10,7 <sup>ab</sup>	10,7 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>c</sup>	3,4 <sup>d</sup>	43,1 <sup>cd</sup>	43,1 <sup>b</sup>	65,3 <sup>cd</sup>	65,3 <sup>de</sup>
	50	145,0 <sup>c</sup>	145,0 <sup>d</sup>	12,7 <sup>a</sup>	12,7 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>cd</sup>	43,5 <sup>cd</sup>	43,5 <sup>b</sup>	67,6 <sup>bcd</sup>	67,6 <sup>c</sup>
90	33	149,3 <sup>bc</sup>	149,3 <sup>cd</sup>	11,7 <sup>ab</sup>	11,7 <sup>abc</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	3,5 <sup>b</sup>	44,5 <sup>bc</sup>	44,5 <sup>a</sup>	67,2 <sup>bcd</sup>	67,2 <sup>cd</sup>
	40	151,3 <sup>bc</sup>	151,3 <sup>c</sup>	12,2 <sup>ab</sup>	12,2 <sup>abc</sup>	3,5 <sup>abc</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	45,5 <sup>ab</sup>	45,5 <sup>a</sup>	70,1 <sup>abcd</sup>	70,1 <sup>bc</sup>
	50	155,0 <sup>abc</sup>	155,0 <sup>bc</sup>	12,3 <sup>ab</sup>	12,3 <sup>abc</sup>	3,5 <sup>abc</sup>	3,5 <sup>b</sup>	45,8 <sup>ab</sup>	45,8 <sup>a</sup>	73,2 <sup>abc</sup>	73,2 <sup>ab</sup>
135	33	160,3 <sup>ab</sup>	160,3 <sup>ab</sup>	12,8 <sup>a</sup>	12,8 <sup>abc</sup>	3,6 <sup>ab</sup>	3,6 <sup>a</sup>	46,5 <sup>a</sup>	46,5 <sup>a</sup>	72,0 <sup>abcd</sup>	72,0 <sup>bc</sup>
	40	165,7 <sup>a</sup>	165,7 <sup>a</sup>	13,3 <sup>a</sup>	13,3 <sup>a</sup>	3,6 <sup>ab</sup>	3,6 <sup>a</sup>	46,2 <sup>ab</sup>	46,2 <sup>a</sup>	75,4 <sup>ab</sup>	75,4 <sup>a</sup>
	50	167,3 <sup>a</sup>	167,3 <sup>a</sup>	13,3 <sup>a</sup>	13,3 <sup>a</sup>	3,7 <sup>a</sup>	3,7 <sup>a</sup>	46,5 <sup>a</sup>	46,5 <sup>a</sup>	77,5 <sup>a</sup>	77,5 <sup>a</sup>
TB N1 (45N)		143,7 <sup>B</sup>	143,8 <sup>C</sup>	10,9 <sup>B</sup>	10,6 <sup>B</sup>	3,4 <sup>C</sup>	3,3 <sup>C</sup>	43,0 <sup>C</sup>	41,9 <sup>C</sup>	75,0 <sup>A</sup>	63,0 <sup>C</sup>
TB N2 (90N)		151,9 <sup>AB</sup>	152,1 <sup>B</sup>	12,1 <sup>AB</sup>	12,7 <sup>A</sup>	3,5 <sup>B</sup>	3,4 <sup>B</sup>	45,3 <sup>B</sup>	44,3 <sup>B</sup>	70,2 <sup>B</sup>	68,9 <sup>B</sup>
TB N3 (135N)		164,4 <sup>A</sup>	163,3 <sup>A</sup>	13,1 <sup>A</sup>	13,4 <sup>A</sup>	3,6 <sup>A</sup>	3,6 <sup>A</sup>	46,4 <sup>A</sup>	45,9 <sup>A</sup>	65,4 <sup>C</sup>	70,9 <sup>A</sup>
TB M1 (33 Khóm/m <sup>2</sup> )		150,7 <sup>β</sup>	151,1 <sup>β</sup>	11,3 <sup>β</sup>	12,1 <sup>β</sup>	3,5 <sup>β</sup>	3,4 <sup>β</sup>	44,7 <sup>β</sup>	43,9 <sup>β</sup>	67,5 <sup>β</sup>	65,3 <sup>γ</sup>
TB M2 (40 Khóm/m <sup>2</sup> )		153,6 <sup>α</sup>	153,2 <sup>αβ</sup>	12,1 <sup>αβ</sup>	12,3 <sup>α</sup>	3,5 <sup>β</sup>	3,4 <sup>β</sup>	44,7 <sup>β</sup>	44,1 <sup>α</sup>	70,3 <sup>αβ</sup>	67,7 <sup>β</sup>
TB M3 (50 Khóm/m <sup>2</sup> )		155,8 <sup>α</sup>	154,9 <sup>α</sup>	12,8 <sup>α</sup>	12,3 <sup>α</sup>	3,5 <sup>α</sup>	3,4 <sup>α</sup>	45,3 <sup>α</sup>	44,1 <sup>α</sup>	72,8 <sup>α</sup>	69,9 <sup>α</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mức bón, ký hiệu <sup>α</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa mật độ và chữ <sup>a</sup> thể hiện không khác nhau khi tương tác giữa mật độ và mức bón ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey. ns: Không có sai khác có ý nghĩa

Số nhánh/khóm tăng theo mức bón đạm, từ khoảng 10,6 - 10,9 nhánh/khóm ở N1 lên 13,1-13,4 nhánh/khóm ở N3. Điều này phản ánh vai trò của nitơ trong kích thích hoạt động mô phân sinh và duy trì nhánh hữu hiệu. Mật độ cây riêng lẻ không tạo sai khác rõ rệt về số nhánh, nhưng các tổ hợp N3M2 và N3M3 luôn thuộc nhóm cao nhất, trong khi N1M1 và N1M2 thấp nhất. Kết quả này phù hợp với cơ chế sinh lý về sự phối hợp giữa dinh dưỡng nitơ và cấu trúc quần thể trong điều chỉnh quá trình đẻ nhánh (Ying & cs., 2022).

Chỉ số diện tích lá (LAI) tăng từ 3,3 - 3,4 m<sup>2</sup> lá/m<sup>2</sup> đất ở N1 lên khoảng 3,6-3,7 m<sup>2</sup> lá/m<sup>2</sup> đất ở N3, phản ánh sự mở rộng diện tích quang hợp khi nguồn nitơ được đảm bảo. Tương tự, chỉ số SPAD tăng từ 41,9 - 43,5 ở N1 lên 46,2 - 46,5 ở N3, cho thấy hàm lượng diệp lục và cường độ quang hợp của lá tăng khi cây được cung cấp đủ nitơ. Mật độ cây không tạo sai khác đáng kể đối với các chỉ tiêu này khi xét riêng lẻ, nhưng các tổ hợp N3M2 và N3M3 vẫn thuộc nhóm cao nhất, cho thấy việc tối ưu hóa cấu trúc tán lá cần được quản lý đồng thời thông qua cả dinh dưỡng và mật độ (Huang & Zou, 2020).

Khối lượng chất khô tích lũy tại giai đoạn trỗ cũng chịu ảnh hưởng rõ của mức bón đạm. Theo trung bình mức đạm, chất khô tăng từ 63,0 g/khóm ở N1 lên 70,2 g/khóm ở N2, sau đó giảm nhẹ ở N3 (65,4 g/khóm), cho thấy mức đạm trung bình tạo điều kiện thuận lợi cho tích lũy sinh khối. Tuy nhiên, ở mức tương tác, tổ hợp N3M3 vẫn đạt giá trị cao nhất (77,5 g/khóm), trong khi N1M1 thấp nhất (63,4 g/khóm), phản ánh sự hiệp đồng giữa đạm cao và mật độ trung bình-cao trong tăng cường quang hợp quần thể (Ying & cs., 2022; Zhao & cs., 2024).

Kết quả tại Điện Biên (Bảng 4.16) tiếp tục khẳng định vai trò chi phối của mức bón đạm đối với sinh trưởng và trạng thái sinh lý của cây lúa. Ở cả hai vụ, chiều cao cây tăng tuyến tính theo mức đạm: vụ Xuân từ 174,0 cm ở N1 lên 184,5 cm ở N2 và 199,8 cm ở N3; vụ Mùa tương ứng 174,7; 184,8 và 198,5 cm. Số nhánh/khóm cũng tăng từ 12,6 lên 15,1 nhánh ở vụ Xuân và từ 12,2 lên 15,4 nhánh ở vụ Mùa khi tăng mức đạm từ N1 lên N3.

**Bảng 4.16. Đặc điểm nông sinh học của mẫu giống nếp Điện Biên ở các mức phân đạm và mật độ cây khác nhau trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023 tại Điện Biên**

Phân đạm Kg N/ha	Mật độ cây Khóm/m <sup>2</sup>	Chiều cao cây (cm)		Số nhánh/khóm		LAI (m <sup>2</sup> lá/m <sup>2</sup> đất)		SPAD		Chất khô tích lũy giai đoạn trỗ (gram/khóm)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
45	33	172,9 <sup>c</sup>	175,0 <sup>d</sup>	11,5 <sup>a</sup>	12,3 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>c</sup>	3,3 <sup>d</sup>	43,8 <sup>cd</sup>	42,5 <sup>b</sup>	71,3 <sup>d</sup>	68,7 <sup>e</sup>
	40	174,6 <sup>c</sup>	175,0 <sup>d</sup>	12,3 <sup>a</sup>	12,3 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>c</sup>	3,3 <sup>d</sup>	43,1 <sup>d</sup>	42,5 <sup>b</sup>	73,5 <sup>cd</sup>	71,0 <sup>de</sup>
	50	176,2 <sup>c</sup>	174,2 <sup>d</sup>	14,2 <sup>a</sup>	12,1 <sup>c</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>cd</sup>	44,1 <sup>cd</sup>	42,5 <sup>b</sup>	76,0 <sup>bcd</sup>	73,0 <sup>d</sup>
90	33	181,4 <sup>bc</sup>	181,0 <sup>cd</sup>	13,5 <sup>a</sup>	14,4 <sup>abc</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	3,5 <sup>b</sup>	45,1 <sup>bc</sup>	44,8 <sup>a</sup>	75,6 <sup>bcd</sup>	74,5 <sup>cd</sup>
	40	183,9 <sup>bc</sup>	185,1 <sup>c</sup>	14,1 <sup>a</sup>	14,7 <sup>abc</sup>	3,5 <sup>abc</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	46,2 <sup>ab</sup>	45,1 <sup>a</sup>	78,9 <sup>abcd</sup>	77,6 <sup>bc</sup>
	50	188,3 <sup>abc</sup>	188,3 <sup>bc</sup>	14,2 <sup>a</sup>	14,9 <sup>abc</sup>	3,6 <sup>abc</sup>	3,5 <sup>b</sup>	46,5 <sup>ab</sup>	45,0 <sup>a</sup>	82,3 <sup>abc</sup>	80,3 <sup>ab</sup>
135	33	194,8 <sup>ab</sup>	194,8 <sup>ab</sup>	14,7 <sup>a</sup>	15,2 <sup>abc</sup>	3,6 <sup>ab</sup>	3,6 <sup>a</sup>	47,2 <sup>a</sup>	46,2 <sup>a</sup>	81,0 <sup>abcd</sup>	77,0 <sup>bc</sup>
	40	201,3 <sup>a</sup>	198,5 <sup>a</sup>	15,3 <sup>a</sup>	15,4 <sup>ab</sup>	3,6 <sup>ab</sup>	3,6 <sup>a</sup>	46,8 <sup>ab</sup>	46,6 <sup>a</sup>	84,8 <sup>ab</sup>	79,9 <sup>ab</sup>
	50	203,3 <sup>a</sup>	202,1 <sup>a</sup>	15,3 <sup>a</sup>	15,6 <sup>a</sup>	3,7 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	47,2 <sup>a</sup>	46,9 <sup>a</sup>	87,2 <sup>a</sup>	82,5 <sup>a</sup>
<i>TB N1 (45N)</i>		<i>174,6<sup>C</sup></i>	<i>174,7<sup>C</sup></i>	<i>12,6<sup>B</sup></i>	<i>12,2<sup>B</sup></i>	<i>3,5<sup>C</sup></i>	<i>3,3<sup>C</sup></i>	<i>43,7<sup>C</sup></i>	<i>42,5<sup>C</sup></i>	<i>73,6<sup>C</sup></i>	<i>70,9<sup>C</sup></i>
<i>TB N2 (90N)</i>		<i>184,5<sup>B</sup></i>	<i>184,8<sup>B</sup></i>	<i>13,9<sup>AB</sup></i>	<i>14,7<sup>A</sup></i>	<i>3,5<sup>B</sup></i>	<i>3,5<sup>B</sup></i>	<i>45,9<sup>B</sup></i>	<i>45,0<sup>B</sup></i>	<i>78,9<sup>B</sup></i>	<i>77,5<sup>B</sup></i>
<i>TB N3 (135N)</i>		<i>199,8<sup>A</sup></i>	<i>198,5<sup>A</sup></i>	<i>15,1<sup>A</sup></i>	<i>15,4<sup>A</sup></i>	<i>3,7<sup>A</sup></i>	<i>3,6<sup>A</sup></i>	<i>47,1<sup>A</sup></i>	<i>46,6<sup>A</sup></i>	<i>84,3<sup>A</sup></i>	<i>79,8<sup>A</sup></i>
TB M1 (33 Khóm/m <sup>2</sup> )		183,1 <sup>γ</sup>	183,6 <sup>β</sup>	13,2 <sup>γ</sup>	14,0 <sup>β</sup>	3,5 <sup>β</sup>	3,5 <sup>β</sup>	45,4 <sup>β</sup>	44,5 <sup>β</sup>	76,0 <sup>β</sup>	73,4 <sup>γ</sup>
TB M2 (40 Khóm/m <sup>2</sup> )		186,6 <sup>α</sup>	186,2 <sup>αβ</sup>	13,9 <sup>β</sup>	14,1 <sup>αβ</sup>	3,5 <sup>β</sup>	3,5 <sup>β</sup>	45,4 <sup>β</sup>	44,7 <sup>α</sup>	79,0 <sup>αβ</sup>	76,2 <sup>β</sup>
TB M3 (50 Khóm/m <sup>2</sup> )		189,3 <sup>β</sup>	188,2 <sup>α</sup>	14,6 <sup>α</sup>	14,2 <sup>α</sup>	3,6 <sup>α</sup>	3,5 <sup>α</sup>	45,9 <sup>α</sup>	44,8 <sup>α</sup>	81,9 <sup>α</sup>	78,6 <sup>α</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mức bón, ký hiệu <sup>α</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa mật độ và chữ <sup>α</sup> thể hiện không khác nhau khi tương tác giữa mật độ và mức bón ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey.  
ns: sự sai khác không có ý nghĩa

Các chỉ tiêu sinh lý cũng phản ứng tương tự. Chỉ số SPAD tăng từ 43,7 lên 47,1 và LAI tăng từ 3,5 lên 3,7 ở vụ Xuân; trong vụ Mùa, SPAD tăng từ 42,5 lên 46,6 và LAI từ 3,3 lên 3,6. Đồng thời, tích lũy chất khô tại rễ tăng rõ rệt từ 73,6 g/khóm ở N1 lên 84,3 g/khóm ở N3 trong vụ Xuân và từ 70,9 lên 79,8 g/khóm trong vụ Mùa. Những biến động này cho thấy nitơ thúc đẩy mạnh sinh trưởng sinh dưỡng thông qua mở rộng diện tích lá, tăng hàm lượng diệp lục và nâng cao cường độ quang hợp, từ đó gia tăng tích lũy sinh khối (Zi & cs., 2026).

Ảnh hưởng riêng lẻ của mật độ cấy đối với các chỉ tiêu sinh trưởng nhìn chung thấp hơn so với mức đậm. SPAD và LAI chỉ dao động nhẹ giữa các mật độ, trong khi chiều cao và số nhánh tăng không đáng kể khi mật độ tăng. Tuy nhiên, tích lũy chất khô tại rễ có xu hướng tăng theo mật độ, đạt 81,9 g/khóm ở M3 so với 76,0 g/khóm ở M1 trong vụ Xuân, cho thấy mật độ góp phần điều chỉnh cấu trúc quần thể và khả năng khai thác bức xạ của tán lá (Huang & Zou, 2020).

Phân tích tương tác cho thấy hiệu quả của mật độ chỉ được phát huy khi cây được cung cấp đủ nitơ. Trong vụ Xuân, tổ hợp N3M3 đạt cao nhất về chiều cao cây (203,3 cm), số nhánh (15,3 nhánh/khóm), SPAD (47,2) và tích lũy chất khô tại rễ (87,2 g/khóm), vượt xa tổ hợp N1M1 chỉ đạt 172,9 cm và 71,3 g/khóm. Xu thế tương tự cũng ghi nhận trong vụ Mùa. Điều này cho thấy ở mức đậm thấp, tăng mật độ không cải thiện đáng kể sinh trưởng do cạnh tranh dinh dưỡng; trong khi ở mức đậm cao, mật độ trung bình-cao giúp tối ưu hóa cấu trúc tán lá và nâng cao hiệu quả quang hợp quần thể (Zi & cs., 2026).

So sánh giữa hai vụ cho thấy các chỉ tiêu sinh trưởng như chiều cao cây, số nhánh, LAI và tích lũy chất khô trong vụ Xuân nhìn chung cao và ổn định hơn vụ Mùa. Điều kiện ngoại cảnh thuận lợi hơn trong vụ Xuân giúp duy trì hoạt động quang hợp và tăng hiệu quả tích lũy sinh khối, trong khi vụ Mùa chịu ảnh hưởng của mưa kéo dài và ẩm độ cao, làm giảm hiệu quả sinh trưởng của quần thể lúa (Agusta & cs., 2022).

Nhìn chung, mức bón đậm giữ vai trò quyết định đối với sinh trưởng của mẫu giống nếp Điện Biên, trong khi mật độ cấy chủ yếu điều chỉnh cấu trúc quần thể. Mức đậm trung bình kết hợp mật độ trung bình-cao tạo điều kiện thuận lợi cho phát triển tán lá và tích lũy sinh khối, làm cơ sở cho hình thành năng suất ở giai đoạn sau.

*b. Ảnh hưởng của mức bón phân đạm và mật độ cấy đến mức độ nhiễm sâu bệnh hại của mẫu giống nếp Điện Biên*

Bảng 4.17 cho thấy mức độ nhiễm sâu bệnh của mẫu giống nếp Điện Biên biến động rõ rệt theo tổ hợp phân bón - mật độ, đồng thời chịu ảnh hưởng mạnh của điều kiện sinh thái và mùa vụ.

**Bảng 4.17. Mức độ nhiễm sâu bệnh hại của mẫu giống nếp Điện Biên ở các mức phân bón và mật độ khác nhau trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023 tại Sơn La và Điện Biên**

Công thức	Địa điểm	Đục thân		Cuốn lá		Đạo ôn		Khô vằn		Bạc lá	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
N1M1	Mộc Châu	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1
	Điện Biên Phủ	1	1	1	2	2	1	1	1	1	3
N1M2	Mộc Châu	1	3	1	3	2	1	1	1	1	3
	Điện Biên Phủ	1	2	1	2	2	1	1	1	1	3
N1M3	Mộc Châu	1	3	1	5	3	2	1	3	1	3
	Điện Biên Phủ	2	3	2	3	3	2	1	1	1	3
N2M1	Mộc Châu	1	2	1	3	3	1	1	1	1	3
	Điện Biên Phủ	1	2	1	2	3	1	1	1	1	5
N2M2	Mộc Châu	1	3	1	3	3	1	1	1	1	3
	Điện Biên Phủ	1	3	1	3	3	1	1	1	1	5
N2M3	Mộc Châu	2	5	1	5	4	2	1	3	1	5
	Điện Biên Phủ	2	4	2	5	4	2	1	2	1	5
N3M1	Mộc Châu	2	3	1	5	4	2	3	5	1	5
	Điện Biên Phủ	2	3	2	5	4	2	2	3	1	5
N3M2	Mộc Châu	3	5	1	5	5	3	3	5	1	5
	Điện Biên Phủ	3	4	3	5	5	3	2	4	1	5
N3M3	Mộc Châu	3	5	1	7	5	4	5	5	3	5
	Điện Biên Phủ	4	5	4	5	5	4	3	4	2	5

Kết quả đánh giá mức độ nhiễm sâu bệnh của giống nếp Điện Biên ở các công thức bón phân và mật độ khác nhau tại Mộc Châu và Điện Biên Phủ cho thấy mức độ gây hại của các đối tượng sâu bệnh biến động theo mức phân bón và mật độ gieo trồng, đồng thời có sự khác biệt giữa hai vụ sản xuất.

Đối với sâu đục thân, mức độ gây hại nhìn chung thấp ở các công thức thí nghiệm. Trong vụ Xuân, mức nhiễm chủ yếu ở cấp 1 - 3, trong khi vụ Mùa tăng nhẹ ở một số công thức có mức bón phân cao như N3M2 và N3M3, với mức nhiễm đạt cấp 4 - 5 tại Điện Biên Phủ. Điều này cho thấy việc tăng lượng phân bón, đặc

biệt là đậm, làm sinh khối cây lúa tăng và tạo điều kiện thuận lợi cho sâu đục thân phát triển (Huang & Zou, 2020).

Đối với sâu cuốn lá, mức nhiễm trong vụ Xuân chủ yếu ở cấp 1 - 3 nhưng tăng rõ trong vụ Mùa, đặc biệt ở các công thức có mật độ và lượng phân bón cao. Công thức N3M3 có mức nhiễm cao nhất, đạt cấp 7 tại Mộc Châu, cho thấy mật độ trồng dày kết hợp với dinh dưỡng cao làm tán lá phát triển mạnh và tạo điều kiện thuận lợi cho sâu cuốn lá gây hại.

Đối với bệnh đạo ôn, mức nhiễm trong vụ Xuân dao động từ cấp 2 - 5, trong khi vụ Mùa thấp hơn, chủ yếu ở cấp 1 - 4. Bệnh có xu hướng xuất hiện mạnh ở các công thức bón phân cao và mật độ lớn do ruộng lúa rậm rạp và ẩm độ trong tán lá tăng, tạo môi trường thuận lợi cho nấm gây bệnh phát triển (Oladosu & cs., 2017).

Đối với bệnh khô vằn, mức nhiễm nhìn chung thấp ở các công thức mật độ trung bình nhưng tăng ở các công thức mật độ cao như N3M2 và N3M3, đạt cấp 3 - 5. Kết quả này phù hợp với đặc điểm sinh thái của bệnh, thường phát sinh mạnh trong điều kiện ruộng lúa dày và ẩm độ cao.

Đối với bệnh bạc lá, mức nhiễm trong vụ Xuân chủ yếu ở cấp 1 - 3, nhưng trong vụ Mùa tăng lên rõ rệt và phổ biến ở cấp 5 tại nhiều công thức, đặc biệt ở các công thức bón phân cao. Điều này có thể liên quan đến điều kiện nhiệt độ và lượng mưa cao trong vụ Mùa, tạo thuận lợi cho vi khuẩn gây bệnh phát sinh và lây lan.

Nhìn chung, khi tăng mức phân bón và mật độ gieo trồng, mức độ nhiễm một số sâu bệnh như sâu cuốn lá, sâu đục thân và bệnh khô vằn có xu hướng tăng. Ngược lại, các công thức có mức phân bón và mật độ trung bình thường duy trì mức nhiễm thấp hơn. Điều này cho thấy việc điều chỉnh hợp lý lượng phân bón và mật độ trồng không chỉ ảnh hưởng đến sinh trưởng và năng suất cây lúa mà còn góp phần hạn chế sự phát sinh và phát triển của sâu bệnh hại trong sản xuất (Huang & Zou, 2020).

*c. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của mẫu giống nếp Điện Biên ở các mức bón đạm và mật độ cây khác nhau.*

Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất hạt của mẫu giống nếp Điện Biên chịu ảnh hưởng rõ rệt của mức bón đạm, mật độ cây và tương tác giữa hai yếu tố này (Bảng 4.18 và 4.19). Sự phối hợp hợp lý giữa đạm và mật độ đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì cân bằng giữa sinh trưởng sinh dưỡng và sinh trưởng sinh sản, từ đó quyết định khả năng hình thành năng suất của quần thể lúa.

Số bông/m<sup>2</sup> giảm dần khi tăng mức bón đạm từ N1 lên N3 trong cả hai vụ. Theo trung bình mức đạm, số bông giảm từ 186,2-188,3 bông/m<sup>2</sup> ở N1 xuống 152,9-153,2 bông/m<sup>2</sup> ở N3. Ở các mức mật độ, M1 và M2 duy trì số bông cao hơn M3 do mật độ dày làm tăng cạnh tranh ánh sáng và dinh dưỡng, dẫn đến giảm tỷ lệ nhánh hữu hiệu. Các tổ hợp N1M1 và N1M2 cho số bông cao nhất, trong khi N3M3 thấp nhất, cho thấy bón đạm cao không làm tăng số bông hữu hiệu mà còn làm giảm hiệu quả chuyển hóa sinh trưởng sinh dưỡng thành bông.

Số hạt/bông cũng giảm mạnh khi tăng mức đạm và mật độ cấy. Theo trung bình mức đạm, số hạt/bông trong vụ Xuân giảm từ 176,3 hạt/bông ở N1 xuống 157,4 hạt/bông ở N2 và còn 116,3 hạt/bông ở N3; vụ Mùa giảm từ 175,0 xuống 156,4 và 110,7 hạt/bông. Khi tăng mật độ từ M1 lên M3, số hạt/bông giảm từ 158,7 xuống 139,0 hạt/bông ở vụ Xuân và từ 155,3 xuống 138,0 hạt/bông ở vụ Mùa. Tổ hợp N1M1 đạt cao nhất (187,6 và 183,2 hạt/bông), trong khi N3M3 thấp nhất (107,6 và 101,5 hạt/bông). Điều này cho thấy đạm cao kết hợp mật độ dày làm gia tăng cạnh tranh nguồn đồng hóa trong giai đoạn làm đòng - trổ, hạn chế phân hóa hoa hữu hiệu và khả năng nuôi hạt (Zi & cs., 2026).

Tỷ lệ hạt chắc giảm theo mức đạm và mật độ cấy. Ở vụ Xuân, TLHC giảm từ 91,2% (N1) xuống 87,7% (N2) và 79,8% (N3); vụ Mùa giảm từ 91,5% xuống 84,5% và 78,4%. Theo mật độ, TLHC giảm từ 87,5% ở M1 xuống 84,7% ở M3 trong vụ Xuân và từ 86,8% xuống 82,2% trong vụ Mùa. Tổ hợp N1M1 duy trì TLHC cao nhất (92,5% và 93,1%), trong khi N3M3 thấp nhất (78,0% và 75,9%), phản ánh sự suy giảm hiệu quả phân bổ chất đồng hóa vào hạt khi cây sinh trưởng sinh dưỡng quá mạnh dưới điều kiện dư thừa nitơ (Peng & cs., 2021).

Khối lượng 1000 hạt giảm nhẹ khi tăng mức đạm và mật độ. Theo trung bình mức đạm, P1000 giảm từ 32,5-32,8 g ở N1 xuống 31,1-31,3 g ở N3. Ở các mức mật độ, P1000 cao hơn tại M1 và M2 so với M3. Giá trị cao nhất ghi nhận ở tổ hợp N1M1 (33,2 g vụ Xuân và 33,5 g vụ Mùa), trong khi N3M3 thấp nhất (31,2 và 31,1 g), cho thấy khi sinh trưởng thân - lá được ưu tiên, lượng vật chất tích lũy vào từng hạt bị suy giảm (Gong & cs., 2025).

Tỷ lệ gạo lứt có xu hướng giảm khi tăng mức đạm, từ 81,1% (N1) xuống 77,8% (N3) ở vụ Xuân và từ 81,4% xuống 76,9% ở vụ Mùa, trong khi ảnh hưởng riêng của mật độ không rõ rệt. Các tổ hợp N1M1-N1M3 duy trì giá trị cao nhất (khoảng 81,1-81,5%), còn các tổ hợp N3M2-N3M3 thấp nhất (khoảng 76,5-77,7%), cho thấy đạm cao có thể làm giảm chất lượng hạt thông qua gia tăng tỷ lệ hạt lép (Gong & cs., 2025).



**Bảng 4.18. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của mẫu giống nếp Điện Biên ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023 tại Sơn La**

Phân đạm Kg N/ha	Mật độ cấy Khóm/m <sup>2</sup>	Số bông/m <sup>2</sup>		Số hạt/bông		TLHC (%)		P1000 hạt (gram)		Tỉ lệ gạo lứt (%)		NSTT (tạ/ha)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
45	33	192,3 <sup>a</sup>	194,0 <sup>a</sup>	183,7 <sup>a</sup>	179,3 <sup>a</sup>	91,3 <sup>a</sup>	92,0 <sup>a</sup>	32,8 <sup>a</sup>	33,0 <sup>a</sup>	79,5 <sup>a</sup>	79,9 <sup>a</sup>	58,7 <sup>a</sup>	51,0 <sup>a</sup>
	40	186,0 <sup>ab</sup>	188,7 <sup>ab</sup>	179,0 <sup>ab</sup>	175,7 <sup>a</sup>	90,7 <sup>ab</sup>	91,3 <sup>ab</sup>	32,5 <sup>ab</sup>	32,8 <sup>ab</sup>	79,5 <sup>a</sup>	79,7 <sup>a</sup>	51,7 <sup>ab</sup>	44,3 <sup>ab</sup>
	50	180,3 <sup>abc</sup>	182,3 <sup>abc</sup>	166,3 <sup>abc</sup>	170,0 <sup>ab</sup>	88,3 <sup>bc</sup>	87,7 <sup>bc</sup>	32,3 <sup>abc</sup>	32,5 <sup>abc</sup>	79,4 <sup>a</sup>	79,5 <sup>ab</sup>	44,3 <sup>bc</sup>	38,3 <sup>bcd</sup>
90	33	175,3 <sup>bcd</sup>	178,7 <sup>bcd</sup>	168,0 <sup>abc</sup>	166,0 <sup>ab</sup>	87,3 <sup>c</sup>	85,3 <sup>c</sup>	32,1 <sup>abcd</sup>	32,2 <sup>abc</sup>	78,4 <sup>ab</sup>	78,0 <sup>bc</sup>	49,0 <sup>abc</sup>	38,3 <sup>bcd</sup>
	40	169,3 <sup>cde</sup>	174,0 <sup>cde</sup>	159,0 <sup>bc</sup>	158,7 <sup>bc</sup>	87,0 <sup>c</sup>	84,0 <sup>cd</sup>	31,9 <sup>bcd</sup>	32,0 <sup>bcd</sup>	78,4 <sup>ab</sup>	77,9 <sup>c</sup>	47,0 <sup>abc</sup>	40,3 <sup>abc</sup>
	50	162,0 <sup>de</sup>	165,7 <sup>def</sup>	145,3 <sup>cd</sup>	144,7 <sup>c</sup>	85,7 <sup>c</sup>	81,0 <sup>de</sup>	31,6 <sup>cdef</sup>	31,7 <sup>cde</sup>	78,1 <sup>ab</sup>	77,7 <sup>c</sup>	37,7 <sup>cd</sup>	29,7 <sup>cde</sup>
135	33	161,0 <sup>de</sup>	160,7 <sup>ef</sup>	124,3 <sup>de</sup>	120,7 <sup>d</sup>	80,7 <sup>d</sup>	80,0 <sup>e</sup>	31,3 <sup>def</sup>	31,8 <sup>bcd</sup>	76,8 <sup>ab</sup>	75,7 <sup>d</sup>	30,3 <sup>de</sup>	27,7 <sup>de</sup>
	40	154,7 <sup>ef</sup>	155,0 <sup>fg</sup>	119,3 <sup>e</sup>	112,0 <sup>de</sup>	78,7 <sup>de</sup>	77,3 <sup>ef</sup>	31,1 <sup>ef</sup>	31,4 <sup>de</sup>	76,1 <sup>b</sup>	75,4 <sup>d</sup>	26,7 <sup>de</sup>	21,0 <sup>ef</sup>
	50	143,0 <sup>f</sup>	144,0 <sup>g</sup>	105,3 <sup>e</sup>	99,3 <sup>e</sup>	77,0 <sup>e</sup>	75,0 <sup>f</sup>	30,8 <sup>f</sup>	30,7 <sup>e</sup>	75,6 <sup>b</sup>	74,9 <sup>d</sup>	18,7 <sup>e</sup>	14,3 <sup>f</sup>
TB N1 (45N)		186,2 <sup>A</sup>	188,3 <sup>A</sup>	176,3 <sup>A</sup>	175,0 <sup>A</sup>	90,1 <sup>A</sup>	90,3 <sup>A</sup>	32,5 <sup>A</sup>	32,8 <sup>A</sup>	79,5 <sup>A</sup>	79,7 <sup>A</sup>	51,6 <sup>A</sup>	44,6 <sup>A</sup>
TB N2 (90N)		168,9 <sup>B</sup>	172,8 <sup>B</sup>	157,4 <sup>B</sup>	156,4 <sup>B</sup>	86,7 <sup>B</sup>	83,4 <sup>B</sup>	31,9 <sup>B</sup>	32,0 <sup>B</sup>	78,3 <sup>A</sup>	77,9 <sup>B</sup>	44,6 <sup>B</sup>	36,1 <sup>B</sup>
TB N3 (135N)		152,9 <sup>C</sup>	153,2 <sup>C</sup>	116,3 <sup>C</sup>	110,7 <sup>C</sup>	78,8 <sup>C</sup>	77,4 <sup>C</sup>	31,1 <sup>C</sup>	31,3 <sup>C</sup>	76,2 <sup>B</sup>	75,3 <sup>C</sup>	25,2 <sup>C</sup>	21,0 <sup>C</sup>
TB M1 (33 Khóm/m <sup>2</sup> )		176,2 <sup>α</sup>	177,8 <sup>α</sup>	158,7 <sup>α</sup>	155,3 <sup>α</sup>	86,4 <sup>α</sup>	85,8 <sup>α</sup>	32,1 <sup>α</sup>	32,4 <sup>α</sup>	78,2 <sup>α</sup>	77,9 <sup>α</sup>	46,0 <sup>α</sup>	39,0 <sup>α</sup>
TB M2 (40 Khóm/m <sup>2</sup> )		170,0 <sup>α</sup>	172,6 <sup>α</sup>	152,4 <sup>α</sup>	148,8 <sup>α</sup>	85,4 <sup>α</sup>	84,2 <sup>α</sup>	31,8 <sup>αβ</sup>	32,0 <sup>α</sup>	78,0 <sup>α</sup>	77,7 <sup>α</sup>	41,8 <sup>α</sup>	35,2 <sup>α</sup>
TB M3 (50 Khóm/m <sup>2</sup> )		161,8 <sup>β</sup>	164,0 <sup>β</sup>	139,0 <sup>β</sup>	138,0 <sup>β</sup>	83,7 <sup>β</sup>	81,2 <sup>β</sup>	31,6 <sup>β</sup>	31,6 <sup>β</sup>	77,7 <sup>β</sup>	77,4 <sup>β</sup>	33,6 <sup>β</sup>	27,4 <sup>β</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mức bón, ký hiệu <sup>α</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa mật độ và chữ <sup>a</sup> thể hiện không khác nhau khi tương tác giữa mật độ và mức bón ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey, ns: không có sai khác có ý nghĩa, TLHC: Tỉ lệ hạt chắc

**Bảng 4.19. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của mẫu giống nếp Điện Biên ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023 tại Điện Biên**

Phân đạm Kg N/ha	Mật độ cấy Khóm/m <sup>2</sup>	Số bông/m <sup>2</sup>		Số hạt/bông		TLHC (%)		P1000 hạt (gram)		Tỉ lệ gạo lứt (%)		NSTT (tạ/ha)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
45	33	214,1 <sup>a</sup>	215,9 <sup>a</sup>	187,6 <sup>a</sup>	183,2 <sup>a</sup>	92,5 <sup>a</sup>	93,1 <sup>a</sup>	33,2 <sup>a</sup>	33,5 <sup>a</sup>	81,2 <sup>a</sup>	81,5 <sup>a</sup>	65,3 <sup>a</sup>	58,3 <sup>a</sup>
	40	207,0 <sup>ab</sup>	210,0 <sup>ab</sup>	182,8 <sup>ab</sup>	179,4 <sup>a</sup>	91,8 <sup>ab</sup>	92,5 <sup>ab</sup>	32,9 <sup>ab</sup>	33,2 <sup>ab</sup>	81,2 <sup>a</sup>	81,4 <sup>a</sup>	61,0 <sup>ab</sup>	55,0 <sup>ab</sup>
	50	200,7 <sup>abc</sup>	202,9 <sup>abc</sup>	169,9 <sup>abc</sup>	173,6 <sup>ab</sup>	89,4 <sup>bc</sup>	88,8 <sup>bc</sup>	32,7 <sup>abc</sup>	32,9 <sup>abc</sup>	81,1 <sup>a</sup>	81,2 <sup>ab</sup>	58,0 <sup>ab</sup>	51,3 <sup>ab</sup>
90	33	195,1 <sup>bcd</sup>	198,9 <sup>bcd</sup>	171,6 <sup>abc</sup>	169,6 <sup>ab</sup>	88,4 <sup>c</sup>	86,4 <sup>c</sup>	32,6 <sup>abcd</sup>	32,7 <sup>abcd</sup>	80,0 <sup>ab</sup>	79,7 <sup>bc</sup>	55,7 <sup>ab</sup>	47,7 <sup>bc</sup>
	40	188,5 <sup>cde</sup>	193,7 <sup>cde</sup>	162,4 <sup>bc</sup>	162,1 <sup>bc</sup>	88,1 <sup>c</sup>	85,0 <sup>cd</sup>	32,3 <sup>bcde</sup>	32,4 <sup>bcd</sup>	80,1 <sup>ab</sup>	79,6 <sup>c</sup>	50,7 <sup>bc</sup>	41,3 <sup>cd</sup>
	50	180,3 <sup>de</sup>	184,4 <sup>def</sup>	148,4 <sup>cd</sup>	147,8 <sup>c</sup>	86,7 <sup>c</sup>	82,0 <sup>de</sup>	32,0 <sup>cdef</sup>	32,1 <sup>cde</sup>	79,8 <sup>ab</sup>	79,4 <sup>c</sup>	41,0 <sup>cd</sup>	33,7 <sup>de</sup>
135	33	179,2 <sup>de</sup>	178,8 <sup>ef</sup>	127,0 <sup>de</sup>	123,2 <sup>d</sup>	81,7 <sup>d</sup>	81,0 <sup>e</sup>	31,7 <sup>def</sup>	32,2 <sup>bcd</sup>	78,4 <sup>ab</sup>	77,3 <sup>d</sup>	31,7 <sup>de</sup>	26,7 <sup>ef</sup>
	40	172,1 <sup>ef</sup>	172,5 <sup>fg</sup>	121,9 <sup>e</sup>	114,4 <sup>de</sup>	79,6 <sup>de</sup>	78,3 <sup>ef</sup>	31,5 <sup>ef</sup>	31,8 <sup>de</sup>	77,7 <sup>b</sup>	76,9 <sup>d</sup>	28,3 <sup>ef</sup>	21,7 <sup>fg</sup>
	50	159,2 <sup>f</sup>	160,3 <sup>g</sup>	107,6 <sup>e</sup>	101,5 <sup>e</sup>	78,0 <sup>e</sup>	75,9 <sup>f</sup>	31,2 <sup>f</sup>	31,1 <sup>e</sup>	77,2 <sup>b</sup>	76,5 <sup>d</sup>	20,3 <sup>f</sup>	15,7 <sup>g</sup>
TB N1 (45N)		207,3 <sup>A</sup>	209,6 <sup>A</sup>	180,1 <sup>A</sup>	178,7 <sup>A</sup>	91,2 <sup>A</sup>	91,5 <sup>A</sup>	32,9 <sup>A</sup>	33,2 <sup>A</sup>	81,1 <sup>A</sup>	81,4 <sup>A</sup>	61,4 <sup>A</sup>	54,9 <sup>A</sup>
TB N2 (90N)		188,0 <sup>B</sup>	192,3 <sup>B</sup>	160,8 <sup>B</sup>	159,8 <sup>B</sup>	87,7 <sup>B</sup>	84,5 <sup>B</sup>	32,3 <sup>B</sup>	32,4 <sup>B</sup>	80,0 <sup>A</sup>	79,5 <sup>B</sup>	49,1 <sup>B</sup>	40,9 <sup>B</sup>
TB N3 (135N)		170,2 <sup>C</sup>	170,5 <sup>C</sup>	118,8 <sup>C</sup>	113,0 <sup>C</sup>	79,8 <sup>C</sup>	78,4 <sup>C</sup>	31,5 <sup>C</sup>	31,7 <sup>C</sup>	77,8 <sup>B</sup>	76,9 <sup>C</sup>	26,8 <sup>C</sup>	21,3 <sup>C</sup>
TB M1 (33 Khóm/m <sup>2</sup> )		196,1 <sup>α</sup>	197,9 <sup>α</sup>	162,1 <sup>α</sup>	158,7 <sup>α</sup>	87,5 <sup>α</sup>	86,8 <sup>α</sup>	32,5 <sup>α</sup>	32,8 <sup>α</sup>	79,9 <sup>α</sup>	79,5 <sup>α</sup>	50,9 <sup>α</sup>	44,2 <sup>α</sup>
TB M2 (40 Khóm/m <sup>2</sup> )		189,2 <sup>α</sup>	192,1 <sup>α</sup>	155,7 <sup>α</sup>	152,0 <sup>α</sup>	86,5 <sup>α</sup>	85,3 <sup>α</sup>	32,2 <sup>αβ</sup>	32,5 <sup>α</sup>	79,6 <sup>β</sup>	79,3 <sup>β</sup>	46,7 <sup>α</sup>	39,3 <sup>β</sup>
TB M3 (50 Khóm/m <sup>2</sup> )		180,1 <sup>β</sup>	182,5 <sup>β</sup>	142,0 <sup>β</sup>	141,0 <sup>β</sup>	84,7 <sup>β</sup>	82,2 <sup>β</sup>	32,0 <sup>β</sup>	32,0 <sup>β</sup>	79,4 <sup>γ</sup>	79,0 <sup>γ</sup>	39,8 <sup>β</sup>	33,6 <sup>γ</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mức bón, ký hiệu <sup>α</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa mật độ và chữ <sup>a</sup> thể hiện không khác nhau khi tương tác giữa mật độ và mức bón ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey, ns: sự sai khác không có ý nghĩa

Sự thay đổi của các yếu tố cấu thành năng suất dẫn đến xu hướng giảm năng suất thực thu khi tăng mức đạm và mật độ cấy. Theo trung bình mức đạm, năng suất giảm từ 61,4 tạ/ha ở N1 xuống 49,1 tạ/ha ở N2 và 26,8 tạ/ha ở N3 trong vụ Xuân; vụ Mùa giảm từ 54,9 xuống 40,9 và 21,3 tạ/ha. Theo mật độ, năng suất giảm từ 50,9 tạ/ha ở M1 xuống 39,8 tạ/ha ở M3 trong vụ Xuân và từ 44,2 xuống 33,6 tạ/ha trong vụ Mùa. Tổ hợp N1M1 đạt năng suất cao nhất (65,3 và 58,3 tạ/ha), trong khi N3M3 thấp nhất (20,3 và 15,7 tạ/ha). Điều này cho thấy bón đạm cao kết hợp mật độ dày làm suy giảm đồng thời các yếu tố cấu thành năng suất, từ đó làm giảm năng suất cuối cùng (Zhao & cs., 2024; Zi & cs., 2026; Gong & cs., 2025).

Tổng hợp các kết quả cho thấy mức bón đạm và mật độ cấy có ảnh hưởng rõ rệt đến cấu trúc quần thể và khả năng hình thành năng suất của mẫu giống nếp Điện Biên. Trong điều kiện thí nghiệm, mức bón 45 kg N/ha (N1) kết hợp mật độ 33 khóm/m<sup>2</sup> (M1) cho hiệu quả cao nhất, thể hiện qua số bông/m<sup>2</sup> lớn, số hạt/bông và tỷ lệ hạt chắc cao, đồng thời duy trì khối lượng 1000 hạt và tỷ lệ gạo lứt ở mức thuận lợi. Tổ hợp này đạt năng suất cao nhất ở cả hai vụ (65,3 tạ/ha vụ Xuân và 58,3 tạ/ha vụ Mùa). Khi tăng mức đạm lên 90-135 kg N/ha hoặc tăng mật độ lên 50 khóm/m<sup>2</sup>, các yếu tố cấu thành năng suất như số hạt/bông, tỷ lệ hạt chắc và khối lượng hạt đều giảm, dẫn đến suy giảm năng suất. Điều này cho thấy việc duy trì mức đạm thấp đến trung bình kết hợp mật độ thưa giúp tạo cấu trúc quần thể thông thoáng, nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn đồng hóa và tối ưu hóa tích lũy vật chất vào hạt.

Vì vậy, trong điều kiện sinh thái Tây Bắc, mức bón 45 kg N/ha kết hợp mật độ 33 khóm/m<sup>2</sup> được xem là tổ hợp kỹ thuật phù hợp nhằm tối ưu hóa cấu trúc năng suất và nâng cao hiệu quả sản xuất đối với mẫu giống nếp Điện Biên.

#### ***4.3.2.2. Ảnh hưởng của lượng đạm bón và mật độ cấy đến sinh trưởng và năng suất và chất lượng của dòng lúa Ja 35***

##### ***a. Ảnh hưởng của mật độ và mức bón phân đến sinh trưởng của dòng Ja 35 tại Sơn La và Điện Biên năm 2022 - 2023***

Tại Sơn La, phản ứng sinh trưởng của Ja35 trước mức đạm và mật độ cấy phản ánh rõ cơ chế thích nghi với điều kiện cao nguyên có biên độ nhiệt ngày - đêm lớn và bức xạ tương đối cao. So với vụ Mùa 2022, vụ Xuân 2023 ghi nhận

chiều cao cây, diện tích lá và chỉ số SPAD cao hơn, cho thấy môi trường vụ Xuân thuận lợi hơn cho quang hợp và tích lũy sinh khối.

Chiều cao cây tăng theo mức đạm, đạt tối đa ở N3M1 (107,2 cm vụ Xuân; 103,3 cm vụ Mùa), cao hơn N1M3 lần lượt 11,6 và 10,3 cm. Tuy nhiên, theo trung bình mật độ, M3 làm giảm khoảng 4,1 cm so với M1 ở cả hai vụ. Trong điều kiện đất dốc và khả năng giữ ẩm hạn chế, mật độ dày làm tăng cạnh tranh rễ và giảm hiệu quả hấp thu nitơ, cho thấy đáp ứng chiều cao phụ thuộc không chỉ vào lượng đạm cung cấp mà còn vào khả năng hấp thu thực tế của bộ rễ.

Số nhánh/khóm cao nhất ở N3M1 (9,8 nhánh vụ Xuân; 9,0 nhánh vụ Mùa), thấp nhất ở N1M3 (8,4 và 8,1 nhánh). Tuy nhiên, mức tăng theo đạm không lớn, chỉ khoảng 0,6 nhánh khi tăng từ N1 lên N3 ở vụ Xuân, cho thấy trong điều kiện nhiệt độ mát, Ja35 có xu hướng ổn định đẻ nhánh thay vì gia tăng mạnh sinh trưởng sinh dưỡng.

Diện tích lá và SPAD phản ánh rõ lợi thế vụ Xuân. Diện tích lá đạt 3,8 và SPAD 46,2 ở N3M1 vụ Xuân, cao hơn vụ Mùa 0,1 - 0,2 đơn vị diện tích lá và 1,5 - 2,0 đơn vị SPAD. Điều này cho thấy nhiệt độ mát và bức xạ ổn định giúp duy trì hàm lượng diệp lục và hiệu suất quang hợp cao hơn. Quần thể thông thoáng ở mật độ thấp cải thiện phân bố ánh sáng và duy trì hoạt tính quang hợp bền vững.

Tích lũy chất khô giai đoạn trổ đạt tối ưu ở N2M1 với 56,4 g/khóm (Xuân) và 56,8 g/khóm (Mùa), cao hơn N1M3 trên 20 g/khóm. Mức 90 kg N/ha cho giá trị tích lũy cao hơn N1 khoảng 3,0 - 3,4 g/khóm, trong khi tăng lên 135 kg N/ha không vượt N2, chứng tỏ vượt ngưỡng đạm trung bình không gia tăng thêm sinh khối sinh sản. Đồng thời, mật độ 33 khóm/m<sup>2</sup> đạt 54,3 - 54,7 g/khóm, cao hơn mật độ 50 khóm/m<sup>2</sup> gần 17 g/khóm, cho thấy trong điều kiện cao nguyên, mật độ thưa giúp tăng hiệu quả khai thác ánh sáng và hấp thu nitơ.

Tổng hợp các chỉ tiêu khẳng định Ja35 tại Sơn La đạt ngưỡng tối ưu sinh lý ở mức 90 kg N/ha kết hợp mật độ 33 khóm/m<sup>2</sup>. Ở mức này, chiều cao ổn định (103,8 - 100,3 cm), số nhánh khá (9,3 - 8,7 nhánh/khóm), diện tích lá hợp lý (3,5 - 3,4) và tích lũy chất khô trổ cao nhất (47,3 - 47,7 g/khóm theo trung bình mức đạm). Gia tăng lên 135 kg N/ha không cải thiện thêm tích lũy sinh khối, cho thấy chiến lược canh tác tại Sơn La nên ưu tiên tối ưu hóa hiệu quả sử dụng nitơ và cấu trúc quần thể thông thoáng, thay vì gia tăng lượng đạm tối đa.

**Bảng 4.20. Đặc điểm nông sinh học của dòng Ja 35 ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023 tại Sơn La**

Phân đạm Kg N/ha	Mật độ cấy Khóm/m <sup>2</sup>	Chiều cao cây (cm)		Số nhánh/khóm		LAI		SPAD		Tích lũy chất khô giai đoạn trổ (g/khóm)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
45	33	99,9 <sup>bc</sup>	97,3 <sup>bc</sup>	9,3 <sup>abcd</sup>	8,9 <sup>abc</sup>	3,3 <sup>c</sup>	3,2 <sup>b</sup>	44,1 <sup>c</sup>	42,3 <sup>d</sup>	51,7 <sup>b</sup>	52,1 <sup>b</sup>
	40	98,1 <sup>bc</sup>	95,0 <sup>bc</sup>	8,9 <sup>cde</sup>	8,5 <sup>bcd</sup>	3,4 <sup>bc</sup>	3,3 <sup>b</sup>	44,4 <sup>c</sup>	43,0 <sup>c</sup>	45,2 <sup>c</sup>	45,5 <sup>c</sup>
	50	95,6 <sup>c</sup>	93,0 <sup>c</sup>	8,4 <sup>c</sup>	8,1 <sup>d</sup>	3,4 <sup>bc</sup>	3,3 <sup>b</sup>	45,1 <sup>b</sup>	44,0 <sup>b</sup>	36,1 <sup>d</sup>	36,4 <sup>d</sup>
90	33	105,6 <sup>a</sup>	102,3 <sup>a</sup>	9,6 <sup>ab</sup>	9,1 <sup>ab</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>ab</sup>	45,1 <sup>b</sup>	43,3 <sup>c</sup>	56,4 <sup>a</sup>	56,8 <sup>a</sup>
	40	103,9 <sup>ab</sup>	100,3 <sup>ab</sup>	9,3 <sup>abcd</sup>	8,8 <sup>abc</sup>	3,6 <sup>ab</sup>	3,5 <sup>ab</sup>	45,5 <sup>b</sup>	44,0 <sup>b</sup>	47,3 <sup>c</sup>	47,6 <sup>c</sup>
	50	101,9 <sup>abc</sup>	98,3 <sup>abc</sup>	8,8 <sup>de</sup>	8,3 <sup>cd</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>ab</sup>	45,1 <sup>b</sup>	43,3 <sup>c</sup>	38,3 <sup>d</sup>	38,6 <sup>d</sup>
135	33	107,2 <sup>a</sup>	103,3 <sup>a</sup>	9,8 <sup>a</sup>	9,0 <sup>ab</sup>	3,8 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	46,2 <sup>a</sup>	44,3 <sup>ab</sup>	54,7 <sup>ab</sup>	55,2 <sup>ab</sup>
	40	104,9 <sup>ab</sup>	101,3 <sup>ab</sup>	9,5 <sup>abc</sup>	9,2 <sup>a</sup>	3,6 <sup>ab</sup>	3,5 <sup>ab</sup>	46,1 <sup>a</sup>	44,7 <sup>a</sup>	47,7 <sup>c</sup>	48,0 <sup>c</sup>
	50	102,7 <sup>abc</sup>	99,3 <sup>abc</sup>	9,0 <sup>bcde</sup>	8,7 <sup>abcd</sup>	3,3 <sup>c</sup>	3,2 <sup>b</sup>	46,2 <sup>a</sup>	44,3 <sup>ab</sup>	38,1 <sup>d</sup>	38,4 <sup>d</sup>
<i>TB N1 (45N)</i>		<i>97,9<sup>A</sup></i>	<i>95,1<sup>B</sup></i>	<i>8,9<sup>B</sup></i>	<i>8,5<sup>B</sup></i>	<i>3,4<sup>B</sup></i>	<i>3,3<sup>B</sup></i>	<i>44,6<sup>B</sup></i>	<i>43,1<sup>B</sup></i>	<i>44,3<sup>B</sup></i>	<i>44,7<sup>B</sup></i>
<i>TB N2 (90N)</i>		<i>103,8<sup>A</sup></i>	<i>100,3<sup>A</sup></i>	<i>9,3<sup>A</sup></i>	<i>8,7<sup>AB</sup></i>	<i>3,5<sup>A</sup></i>	<i>3,4<sup>AB</sup></i>	<i>45,3<sup>AB</sup></i>	<i>43,6<sup>B</sup></i>	<i>47,3<sup>A</sup></i>	<i>47,7<sup>A</sup></i>
<i>TB N3 (135N)</i>		<i>104,9<sup>A</sup></i>	<i>101,3<sup>A</sup></i>	<i>9,5<sup>A</sup></i>	<i>8,8<sup>A</sup></i>	<i>3,6<sup>A</sup></i>	<i>3,4<sup>A</sup></i>	<i>46,1<sup>A</sup></i>	<i>44,4<sup>A</sup></i>	<i>46,8<sup>A</sup></i>	<i>47,2<sup>A</sup></i>
TB M1 (33 Khóm/m <sup>2</sup> )		104,2 <sup>α</sup>	101,0 <sup>α</sup>	9,6 <sup>α</sup>	9,0 <sup>α</sup>	3,5 <sup>α</sup>	3,4 <sup>αβ</sup>	45,1 <sup>β</sup>	43,3 <sup>β</sup>	54,3 <sup>α</sup>	54,7 <sup>α</sup>
TB M2 (40 Khóm/m <sup>2</sup> )		102,3 <sup>αβ</sup>	98,9 <sup>αβ</sup>	9,3 <sup>β</sup>	8,8 <sup>α</sup>	3,6 <sup>α</sup>	3,4 <sup>α</sup>	45,3 <sup>β</sup>	43,9 <sup>α</sup>	46,7 <sup>β</sup>	47,1 <sup>β</sup>
TB M3 (50 Khóm/m <sup>2</sup> )		100,1 <sup>β</sup>	96,9 <sup>β</sup>	8,8 <sup>γ</sup>	8,4 <sup>β</sup>	3,4 <sup>β</sup>	3,3 <sup>β</sup>	45,5 <sup>α</sup>	43,9 <sup>α</sup>	37,5 <sup>γ</sup>	37,8 <sup>γ</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mức bón, ký hiệu <sup>α</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa mật độ và chữ <sup>a</sup> thể hiện không khác nhau khi tương tác giữa mật độ và mức bón ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey. ns: sự sai khác không có ý nghĩa

Tại Điện Biên, Ja35 phản ứng rõ với mức bón đạm và mật độ cấy, đặc biệt ở pha sinh dưỡng (Bảng 4.21). Chiều cao cây tăng theo cả hai yếu tố và thể hiện hiệu ứng tương tác cộng hưởng; N3M3 đạt 109,3 cm (Xuân) và 109,2 cm (Mùa), cao hơn N1M1 khoảng 12 cm. Theo trung bình mức đạm, chiều cao tăng từ 99,9 cm (N1) lên 108,3 - 108,1 cm (N3); theo trung bình mật độ, M3 cao hơn M1 khoảng 3,0 cm. Điều này phản ánh vai trò của nitơ trong thúc đẩy phân chia và kéo dài tế bào, đồng thời mật độ cao kích hoạt phản ứng tránh bóng dưới cạnh tranh ánh sáng, làm tăng kéo dài thân.

Số nhánh/khóm tăng theo mức đạm nhưng chịu điều tiết bởi mật độ. N3M3 đạt 10,1 nhánh (Xuân) và 10,0 nhánh (Mùa), cao hơn N1M1 khoảng 1,5 nhánh; trung bình mức đạm tăng từ 9,1 (N1) lên 9,7 (N3). Tuy nhiên, khi mật độ cao đi kèm đạm cao, cạnh tranh nội quần thể có thể hạn chế duy trì nhánh hữu hiệu nếu không bảo đảm cân bằng dinh dưỡng.

Diện tích lá và SPAD tăng theo mức đạm; diện tích lá đạt tối đa ở N3M1 (3,8 vụ Xuân; 3,6 - 3,7 vụ Mùa). SPAD đạt 47,1 (Xuân) và 46,6 (Mùa) ở N3M3, cao hơn N1M1 khoảng 2,4 đơn vị. Điều này cho thấy nitơ làm tăng hàm lượng diệp lục và tiềm năng quang hợp; tuy nhiên, khi vượt ngưỡng cân bằng giữa sinh trưởng và sức chứa sinh sản, đồng hóa có xu hướng ưu tiên thân - lá hơn là cơ quan sinh sản.

Tích lũy chất khô giai đoạn trổ thể hiện rõ hiện tượng bão hòa đạm. N2M1 đạt cao nhất với 57,4 g/khóm (Xuân) và 56,9 g/khóm (Mùa), cao hơn N1M3 khoảng 20 g/khóm. Theo trung bình mức đạm, N2 vượt N1 khoảng 2,7 - 3,0 g/khóm, trong khi N3 không cao hơn N2. Theo trung bình mật độ, M1 cao hơn M3 khoảng 17 - 18 g/khóm, cho thấy mật độ thưa giúp duy trì cân bằng giữa nguồn và sức chứa. Khi cân bằng này bị phá vỡ dưới đạm cao và mật độ dày, phân bố đồng hóa về bông suy giảm.

So sánh hai vùng cho thấy Ja35 có xu thế đáp ứng sinh dưỡng tương tự khi tăng đạm (chiều cao tăng 6 - 8 cm; SPAD tăng 1,5 - 2,0 đơn vị), nhưng tích lũy sinh sản tối ưu đều đạt ở mức 90 kg N/ha kết hợp mật độ 33 khóm/m<sup>2</sup>. Ở cả Mộc Châu và Điện Biên, tổ hợp này đạt 56 - 57 g/khóm, cao hơn mật độ 50 khóm/m<sup>2</sup> từ 16 đến 21 g/khóm. Mộc Châu thể hiện tính ổn định cao hơn giữa hai vụ nhờ điều kiện mát và bức xạ thuận lợi, trong khi tại Điện Biên nền nhiệt cao và mật độ dày làm gia tăng cạnh tranh nội quần thể, giảm hiệu quả tích lũy sinh sản.

**Bảng 4.21. Khả năng sinh trưởng của dòng Ja 35 ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023 tại Điện Biên**

Phân đạm Kg N/ha	Mật độ cấy Khóm/m <sup>2</sup>	Chiều cao cây (cm)		Số nhánh/khóm		LAI		SPAD		Chất khô tích lũy giai đoạn trổ (gr/khóm)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
45	33	97,3 <sup>e</sup>	97,4 <sup>f</sup>	8,6 <sup>c</sup>	8,5 <sup>c</sup>	3,3 <sup>d</sup>	3,3 <sup>c</sup>	44,7 <sup>c</sup>	44,6 <sup>c</sup>	53,3 <sup>b</sup>	52,2 <sup>b</sup>
	40	100,3 <sup>de</sup>	100,1 <sup>ef</sup>	9,1 <sup>bc</sup>	9,0 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>cd</sup>	3,4 <sup>bc</sup>	45,1 <sup>c</sup>	44,9 <sup>c</sup>	46,0 <sup>c</sup>	45,6 <sup>c</sup>
	50	102,0 <sup>cd</sup>	102,1 <sup>de</sup>	9,5 <sup>ab</sup>	8,7 <sup>bcd</sup>	3,4 <sup>d</sup>	3,4 <sup>bc</sup>	45,4 <sup>c</sup>	45,6 <sup>b</sup>	36,7 <sup>d</sup>	36,5 <sup>d</sup>
90	33	103,7 <sup>bcd</sup>	103,4 <sup>cde</sup>	9,0 <sup>bc</sup>	8,9 <sup>bc</sup>	3,5 <sup>bcd</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	45,8 <sup>bc</sup>	45,6 <sup>b</sup>	57,4 <sup>a</sup>	56,9 <sup>a</sup>
	40	105,0 <sup>abc</sup>	104,8 <sup>bcd</sup>	9,5 <sup>ab</sup>	9,4 <sup>ab</sup>	3,7 <sup>abc</sup>	3,6 <sup>ab</sup>	46,0 <sup>b</sup>	45,9 <sup>b</sup>	48,1 <sup>c</sup>	47,7 <sup>c</sup>
	50	106,0 <sup>abc</sup>	106,1 <sup>abc</sup>	9,6 <sup>ab</sup>	9,5 <sup>ab</sup>	3,5 <sup>bcd</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	46,0 <sup>b</sup>	45,6 <sup>b</sup>	38,8 <sup>d</sup>	38,6 <sup>d</sup>
135	33	106,7 <sup>ab</sup>	106,8 <sup>abc</sup>	9,2 <sup>bc</sup>	9,1 <sup>bc</sup>	3,8 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	47,0 <sup>a</sup>	46,6 <sup>a</sup>	55,2 <sup>ab</sup>	55,2 <sup>ab</sup>
	40	109,0 <sup>a</sup>	108,3 <sup>ab</sup>	9,7 <sup>ab</sup>	9,6 <sup>ab</sup>	3,7 <sup>ab</sup>	3,7 <sup>ab</sup>	47,1 <sup>a</sup>	46,5 <sup>a</sup>	48,2 <sup>c</sup>	48,1 <sup>c</sup>
	50	109,3 <sup>a</sup>	109,2 <sup>a</sup>	10,1 <sup>a</sup>	10,0 <sup>a</sup>	3,3 <sup>d</sup>	3,3 <sup>c</sup>	47,1 <sup>a</sup>	46,6 <sup>a</sup>	38,7 <sup>d</sup>	38,5 <sup>d</sup>
TB N1 (45N)		99,9 <sup>C</sup>	99,9 <sup>C</sup>	9,1 <sup>B</sup>	9,0 <sup>B</sup>	3,4 <sup>B</sup>	3,4 <sup>B</sup>	45,0 <sup>B</sup>	45,0 <sup>B</sup>	45,4 <sup>B</sup>	44,7 <sup>B</sup>
TB N2 (90N)		104,9 <sup>B</sup>	104,8 <sup>B</sup>	9,4 <sup>B</sup>	9,3 <sup>A<sup>B</sup></sup>	3,6 <sup>A</sup>	3,6 <sup>A</sup>	45,9 <sup>A<sup>B</sup></sup>	45,7 <sup>B</sup>	48,1 <sup>A</sup>	47,7 <sup>A</sup>
TB N3 (135N)		108,3 <sup>A</sup>	108,1 <sup>A</sup>	9,7 <sup>A</sup>	9,6 <sup>A</sup>	3,6 <sup>A</sup>	3,6 <sup>A</sup>	47,1 <sup>A</sup>	46,5 <sup>A</sup>	47,4 <sup>A</sup>	47,3 <sup>A</sup>
TB M1 (33 Khóm/m <sup>2</sup> )		102,6 <sup>β</sup>	102,5 <sup>β</sup>	8,9 <sup>γ</sup>	8,8 <sup>β</sup>	3,5 <sup>α</sup>	3,6 <sup>αβ</sup>	45,8 <sup>β</sup>	45,6 <sup>β</sup>	55,3 <sup>α</sup>	54,8 <sup>α</sup>
TB M2 (40 Khóm/m <sup>2</sup> )		104,8 <sup>α</sup>	104,4 <sup>α</sup>	9,4 <sup>β</sup>	9,3 <sup>α</sup>	3,6 <sup>α</sup>	3,6 <sup>α</sup>	46,0 <sup>β</sup>	45,7 <sup>β</sup>	47,4 <sup>β</sup>	47,1 <sup>β</sup>
TB M3 (50 Khóm/m <sup>2</sup> )		105,8 <sup>α</sup>	105,8 <sup>α</sup>	9,7 <sup>α</sup>	9,6 <sup>α</sup>	3,4 <sup>β</sup>	3,4 <sup>β</sup>	46,2 <sup>α</sup>	45,9 <sup>α</sup>	38,1 <sup>γ</sup>	37,8 <sup>γ</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mức bón, ký hiệu <sup>α</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa mật độ và chữ <sup>a</sup> thể hiện không khác nhau khi tương tác giữa mật độ và mức bón ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey. ns: sự sai khác không có ý nghĩa

Như vậy, đối với Ja35 ở Điện Biên, quản lý tối ưu không phải là tối đa hóa đạm và mật độ, mà là duy trì mức 90 kg N/ha kết hợp mật độ 33 khóm/m<sup>2</sup> để đảm bảo cân bằng giữa sinh trưởng sinh dưỡng và tích lũy sinh sản, qua đó tối đa hóa tích lũy chất khô giai đoạn trổ và tiềm năng năng suất trong điều kiện sinh thái miền núi biến động.

*b. Mức độ nhiễm sâu bệnh hại của dòng Ja 35 ở các mức bón phân và mật độ khác nhau tại Sơn La và Điện Biên năm 2022 - 2023*

Bảng 4.22 cho thấy mức độ nhiễm sâu bệnh có xu hướng tăng khi lượng phân bón và mật độ trồng tăng, đồng thời có sự khác biệt giữa hai vụ sản xuất.

**Bảng 4.22. Mức độ nhiễm sâu bệnh hại của dòng Ja 35 ở các mức phân bón và mật độ khác nhau trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023**

Công thức	Địa điểm	Đục thân		Cuốn lá		Đạo ôn		Khô vằn		Bạc lá	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
N1M1	Mộc Châu	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3
	Điện Biên Phủ	1	1	1	3	2	1	1	1	1	3
N1M2	Mộc Châu	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3
	Điện Biên Phủ	1	3	1	3	2	1	1	1	1	3
N1M3	Mộc Châu	1	1	1	3	3	2	1	1	1	3
	Điện Biên Phủ	1	3	2	3	3	2	1	1	1	3
N2M1	Mộc Châu	1	1	1	3	3	1	1	1	1	3
	Điện Biên Phủ	1	3	1	3	3	1	1	1	1	5
N2M2	Mộc Châu	1	3	1	3	3	1	1	1	1	3
	Điện Biên Phủ	1	3	1	3	3	1	1	1	1	5
N2M3	Mộc Châu	1	3	1	3	4	2	1	3	1	5
	Điện Biên Phủ	2	5	2	5	4	2	1	3	1	5
N3M1	Mộc Châu	1	3	1	3	4	2	3	3	1	5
	Điện Biên Phủ	2	3	2	5	4	2	2	3	1	5
N3M2	Mộc Châu	3	5	1	5	5	3	3	5	1	5
	Điện Biên Phủ	3	5	3	5	5	3	2	5	1	5
N3M3	Mộc Châu	3	5	3	5	5	4	3	5	3	5
	Điện Biên Phủ	3	5	3	5	5	4	3	5	3	5



Ở mức N1, phần lớn chỉ tiêu sâu bệnh duy trì 1 - 2 điểm trong vụ Xuân và 1 - 3 điểm trong vụ Mùa tại cả hai vùng. Khi tăng lên N2, mức nhiễm trong vụ Mùa tăng lên 3 - 4 điểm đối với đạo ôn và 3 - 5 điểm đối với bạc lá, đặc biệt ở mật độ cao. Ở N3, mức nhiễm gia tăng rõ rệt; công thức N3M3 ghi nhận đạo ôn 5 điểm trong cả 2 vụ, khô vằn 3 - 5 điểm và bạc lá 3 điểm (Xuân) lên 5 điểm (Mùa). Biên độ tăng 2 - 3 điểm từ N1 lên N3 phù hợp với cơ chế sinh lý khi bón đạm cao làm tán lá rậm, kéo dài thời gian ẩm ướt và gia tăng áp lực nấm bệnh (Noor & cs., 2023).

Đối với sâu đục thân, mức độ gây hại nhìn chung thấp ở các công thức N1M1 và N1M2 (cấp 1), nhưng tăng lên cấp 3 - 5 khi tăng mức phân bón và mật độ, đặc biệt ở N3M2 và N3M3. Điều này cho thấy sinh khối cây tăng do bón nhiều đạm tạo điều kiện thuận lợi cho sâu phát triển (Huang & Zou, 2020).

Đối với sâu cuốn lá, mức nhiễm trong vụ Xuân chủ yếu 1 - 3 điểm, nhưng tăng rõ trong vụ Mùa, đặc biệt ở các công thức mật độ và phân bón cao. Công thức N3M3 có mức nhiễm cao nhất (cấp 5) tại cả hai địa điểm. Mật độ trồng dày kết hợp dinh dưỡng cao làm tán lá phát triển mạnh, tạo điều kiện thuận lợi cho sâu cuốn lá gây hại.

Đối với bệnh đạo ôn, mức nhiễm trong vụ Xuân 2 - 5 điểm, trong khi vụ Mùa 1 - 4 điểm, và thường xuất hiện mạnh hơn ở các công thức bón phân cao và mật độ lớn do tán lá rậm làm tăng ẩm độ trong quần thể ruộng lúa (Oladosu & cs., 2017).

Đối với bệnh khô vằn, mức nhiễm thấp ở các công thức mật độ thấp nhưng tăng lên 3 - 5 điểm ở các công thức mật độ cao như N3M2 và N3M3, phù hợp với đặc điểm sinh thái của bệnh thường phát sinh mạnh trong điều kiện ruộng lúa dày và ẩm độ cao.

Đối với bệnh bạc lá, mức nhiễm trong vụ Xuân chủ yếu 1 - 3 điểm, nhưng trong vụ Mùa tăng lên 3 - 5 điểm, đặc biệt ở các công thức bón phân cao. Điều này có thể liên quan đến điều kiện nhiệt độ cao và lượng mưa lớn trong vụ Mùa, thuận lợi cho vi khuẩn gây bệnh phát sinh và lây lan.

Nhìn chung, khi tăng mức phân bón và mật độ gieo trồng, mức độ nhiễm một số sâu bệnh như sâu đục thân, sâu cuốn lá và bệnh khô vằn có xu hướng tăng lên. Ngược lại, các công thức có mức phân bón và mật độ trung bình thường duy trì mức nhiễm thấp hơn. Điều này cho thấy việc quản lý hợp lý lượng phân bón và

mật độ trồng có vai trò quan trọng trong hạn chế sâu bệnh và nâng cao hiệu quả sản xuất lúa (Huang & Zou, 2020).

*c. Ảnh hưởng của mức bón và mật độ đến các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của dòng Ja 35 tại Sơn La và Điện Biên năm 2022 - 2023*

Xét theo mức bón đạm, số bông/m<sup>2</sup> tăng khi tăng lượng N từ N1 lên N3, trong khi số hạt/bông và tỷ lệ hạt chắc (TLHC) lại giảm (Bảng 4.23). Ở vụ Xuân, số bông/m<sup>2</sup> tăng từ 200,7 (N1) lên 214,0 (N2) và 218,7 bông/m<sup>2</sup> (N3); ngược lại số hạt/bông giảm từ 147,2 xuống 139,1 hạt/bông và TLHC giảm từ 90,7% xuống 83,3%. Xu thế tương tự xuất hiện ở vụ Mùa khi số bông/m<sup>2</sup> tăng từ 194,2 lên 210,4 bông/m<sup>2</sup>, nhưng số hạt/bông giảm từ 142,9 xuống 135,0 hạt/bông và TLHC giảm từ 88,0% xuống 82,6%. Điều này cho thấy bón đạm cao thúc đẩy hình thành quần thể bông nhưng làm giảm hiệu quả phân hóa hoa và nuôi hạt do mất cân đối nguồn - đích, phù hợp với nhận định của Nguyễn Tuấn Khôi & Phạm Thị Thơm (2020).

Đối với mật độ cấy, số bông/m<sup>2</sup> tăng mạnh khi tăng mật độ từ M1 lên M2 - M3, trong khi số hạt/bông và TLHC giảm ở mật độ cao. Ở vụ Xuân, số bông/m<sup>2</sup> cao nhất ở M2 (232,8 bông/m<sup>2</sup>), tiếp đến M3 (220,1 bông/m<sup>2</sup>) và thấp nhất ở M1 (180,6 bông/m<sup>2</sup>); ngược lại số hạt/bông cao nhất ở M1 (157,5 hạt/bông) và giảm xuống 124,4 hạt/bông ở M3, TLHC giảm từ 89,4% xuống 86,0%. Xu thế tương tự ghi nhận ở vụ Mùa với số bông/m<sup>2</sup> cao nhất ở M2 (223,6 bông/m<sup>2</sup>) nhưng số hạt/bông cao nhất ở M1 (153,3 hạt/bông). Kết quả này phản ánh cơ chế cạnh tranh nội bộ trong quần thể dày, làm hạn chế cung cấp chất đồng hóa cho mỗi bông và mỗi hạt (Tăng Thị Hạnh & cs., 2020; Nguyễn Thị Vân & cs., 2023).

Phân tích tương tác giữa mức đạm và mật độ cho thấy sự khác biệt rõ giữa các tổ hợp kỹ thuật. Ở vụ Xuân, NSTT cao nhất ở N1M2 (69,3 tạ/ha) và N2M2 (67,7 tạ/ha), trong khi N3M3 chỉ đạt 46,3 tạ/ha; ở vụ Mùa, NSTT cao nhất ở N2M2 (60,7 tạ/ha) và N1M2 (60,3 tạ/ha), thấp nhất ở N3M3 (40,7 tạ/ha). Các tổ hợp đạm cao kết hợp mật độ cao tuy cho số bông/m<sup>2</sup> lớn nhưng số hạt/bông thấp (Xuân: 110,4; Mùa: 107,3 hạt/bông) và TLHC thấp (Xuân: 84,4%; Mùa: 81,9%), dẫn đến NSTT giảm mạnh. Điều này cho thấy hiệu quả của phân đạm chỉ được phát huy khi kết hợp với mật độ hợp lý; nếu cả hai cùng ở mức cao sẽ làm tăng sinh trưởng

sinh dưỡng và giảm phân bố đồng hóa vào cơ quan sinh thực. Kết quả này phù hợp với nhận định của Phạm Văn Cường (2022) và Zi (2024) rằng tối ưu đồng thời lượng đạm và mật độ cấy là yếu tố quan trọng để nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn đồng hóa và ổn định năng suất (Cuong & cs. 2022; Zi & cs. 2024)

Kết quả tại Điện Biên (Bảng 4.24) cho thấy số bông/m<sup>2</sup> cao nhất ở mật độ trung bình M2 (236,0 bông/m<sup>2</sup> vụ Xuân và 227,5 bông/m<sup>2</sup> vụ Mùa) và thấp nhất ở M1. Ngược lại, số hạt/bông giảm khi tăng mật độ, từ 153,2 hạt/bông ở M1 xuống 137,8 hạt/bông ở M3 (vụ Xuân), cho thấy mật độ cao làm tăng cạnh tranh ánh sáng và dinh dưỡng giữa các cá thể. TLHC cũng giảm nhẹ ở M3, trong khi P1000 hầu như không thay đổi giữa các mật độ. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Li & cs. (2014) khi cho thấy mật độ trồng cao làm tăng số bông/m<sup>2</sup> nhưng giảm số hạt/bông và tỷ lệ hạt chắc do hạn chế nguồn đồng hóa cho mỗi bông (Zhao & cs., 2024). Trong điều kiện thí nghiệm, NSTT cao nhất ở mật độ M1 (62,9 tạ/ha vụ Xuân và 57,7 tạ/ha vụ Mùa), tiếp đến M2 và thấp nhất ở M3.

Xét tương tác giữa mức đạm và mật độ, các tổ hợp N2M1 và N2M2 cho năng suất cao nhất. Ở vụ Xuân, N2M1 đạt 74,7 tạ/ha và N2M2 đạt 69,3 tạ/ha; ở vụ Mùa, N2M1 đạt 69,7 tạ/ha và N2M2 đạt 65,7 tạ/ha. Các tổ hợp này có số bông/m<sup>2</sup> cao (230 - 240 bông/m<sup>2</sup>), số hạt/bông khá (148 - 155 hạt/bông) và TLHC cao (~92%). Ngược lại, N3M3 cho năng suất thấp nhất (43,4 tạ/ha vụ Xuân và 41,0 tạ/ha vụ Mùa) do số hạt/bông giảm mạnh (120,8 - 113,1 hạt/bông) và TLHC thấp (85 - 86%). Kết quả này phù hợp với mô hình sinh lý năng suất do Ying & cs. (2022) và Zi & cs. (2024) đề xuất, theo đó năng suất tối ưu đạt được khi mức N vừa phải kết hợp mật độ hợp lý, giúp cân bằng giữa nguồn và nơi chứa (Ying & cs., 2022; Zi & cs., 2026).

Như vậy, phân tích các yếu tố cấu thành năng suất cho thấy mức đạm trung bình (N2 - 90 kg N/ha) kết hợp mật độ thấp (M1 - 33 khóm/m<sup>2</sup>) là tổ hợp tối ưu cho dòng Ja35 tại Điện Biên, thể hiện qua số bông/m<sup>2</sup> cao, số hạt/bông và TLHC duy trì thuận lợi, dẫn đến NSTT cao và ổn định ở cả hai vụ. Kết quả này phù hợp với nhiều nghiên cứu về mối quan hệ giữa đạm, mật độ và năng suất lúa, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho đề xuất quy trình kỹ thuật canh tác dòng Ja35 trong điều kiện sinh thái vùng Tây Bắc Việt Nam.

**Bảng 4.23. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của dòng Ja 35 ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023 tại Sơn La**

Phân đạm Kg N/ha	Mật độ cấy Khóm/m <sup>2</sup>	Số bông/m <sup>2</sup> (bông)		Số hạt/bông (hạt)		TLHC (%)		P1000 hạt (g)		Tỉ lệ gạo lứt (%)		NSTT (tạ/ha)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
45	33	171,6 <sup>c</sup>	166,3 <sup>c</sup>	149,5 <sup>bc</sup>	145,7 <sup>bcd</sup>	92,5 <sup>a</sup>	89,7 <sup>a</sup>	26,4 <sup>a</sup>	26,3 <sup>a</sup>	82,3 <sup>a</sup>	79,3 <sup>bc</sup>	50,7 <sup>cd</sup>	44,0 <sup>bcd</sup>
	40	224,7 <sup>a</sup>	217,0 <sup>a</sup>	156,5 <sup>ab</sup>	151,3 <sup>abc</sup>	92,3 <sup>a</sup>	89,5 <sup>a</sup>	26,4 <sup>a</sup>	26,2 <sup>b</sup>	81,7 <sup>b</sup>	79,7 <sup>ab</sup>	69,3 <sup>a</sup>	60,3 <sup>a</sup>
	50	205,7 <sup>b</sup>	199,3 <sup>b</sup>	135,4 <sup>de</sup>	131,7 <sup>ef</sup>	87,3 <sup>abc</sup>	84,7 <sup>abc</sup>	26,3 <sup>b</sup>	26,2 <sup>b</sup>	81,0 <sup>c</sup>	79,3 <sup>b</sup>	51,3 <sup>cd</sup>	41,7 <sup>cd</sup>
90	33	183,6 <sup>c</sup>	178,0 <sup>c</sup>	158,5 <sup>ab</sup>	154,3 <sup>ab</sup>	92,3 <sup>a</sup>	89,5 <sup>a</sup>	26,4 <sup>a</sup>	26,2 <sup>b</sup>	82,3 <sup>a</sup>	79,7 <sup>ab</sup>	57,7 <sup>bc</sup>	50,7 <sup>bc</sup>
	40	236,8 <sup>a</sup>	227,0 <sup>a</sup>	148,5 <sup>bc</sup>	144,0 <sup>cd</sup>	91,3 <sup>ab</sup>	88,6 <sup>ab</sup>	26,4 <sup>a</sup>	26,3 <sup>a</sup>	82,3 <sup>a</sup>	80,8 <sup>a</sup>	67,7 <sup>ab</sup>	60,7 <sup>a</sup>
	50	221,7 <sup>a</sup>	214,7 <sup>ab</sup>	127,4 <sup>e</sup>	122,7 <sup>f</sup>	86,3 <sup>bc</sup>	84,6 <sup>abc</sup>	26,4 <sup>a</sup>	26,2 <sup>b</sup>	80,7 <sup>c</sup>	79,3 <sup>b</sup>	51,0 <sup>cd</sup>	45,0 <sup>bcd</sup>
135	33	186,6 <sup>c</sup>	180,0 <sup>c</sup>	164,5 <sup>a</sup>	160,0 <sup>a</sup>	83,3 <sup>c</sup>	82,0 <sup>c</sup>	26,3 <sup>b</sup>	26,3 <sup>a</sup>	81,3 <sup>bc</sup>	79,0 <sup>c</sup>	54,0 <sup>cd</sup>	48,3 <sup>bcd</sup>
	40	236,8 <sup>a</sup>	226,7 <sup>a</sup>	142,5 <sup>cd</sup>	137,7 <sup>de</sup>	82,0 <sup>c</sup>	84,0 <sup>bc</sup>	26,4 <sup>a</sup>	26,2 <sup>b</sup>	81,7 <sup>b</sup>	79,7 <sup>ab</sup>	57,7 <sup>bc</sup>	52,7 <sup>ab</sup>
	50	232,8 <sup>a</sup>	224,7 <sup>a</sup>	110,4 <sup>f</sup>	107,3 <sup>g</sup>	84,4 <sup>c</sup>	81,9 <sup>c</sup>	26,4 <sup>a</sup>	26,2 <sup>b</sup>	81,0 <sup>c</sup>	79,6 <sup>b</sup>	46,3 <sup>d</sup>	40,7 <sup>d</sup>
TB N1 (45N)		200,7 <sup>B</sup>	194,2 <sup>B</sup>	147,2 <sup>A</sup>	142,9 <sup>A</sup>	90,7 <sup>A</sup>	88,0 <sup>A</sup>	26,4 <sup>A</sup>	26,2 <sup>B</sup>	81,7 <sup>A</sup>	79,4 <sup>B</sup>	57,1 <sup>AB</sup>	48,7 <sup>AB</sup>
TB N2 (90N)		214,0 <sup>A</sup>	206,6 <sup>A</sup>	144,8 <sup>A</sup>	140,3 <sup>A</sup>	90,0 <sup>A</sup>	87,6 <sup>A</sup>	26,4 <sup>A</sup>	26,2 <sup>B</sup>	81,8 <sup>A</sup>	80,7 <sup>A</sup>	58,8 <sup>A</sup>	52,1 <sup>A</sup>
TB N3 (135N)		218,7 <sup>A</sup>	210,4 <sup>A</sup>	139,1 <sup>B</sup>	135,0 <sup>B</sup>	83,3 <sup>B</sup>	82,6 <sup>B</sup>	26,4 <sup>B</sup>	26,3 <sup>A</sup>	81,3 <sup>B</sup>	79,6 <sup>B</sup>	52,7 <sup>B</sup>	47,2 <sup>B</sup>
TB M1 (33 Khóm/m <sup>2</sup> )		180,6 <sup>γ</sup>	174,8 <sup>γ</sup>	157,5 <sup>α</sup>	153,3 <sup>α</sup>	89,4 <sup>α</sup>	87,1 <sup>α</sup>	26,4 <sup>α</sup>	26,3 <sup>α</sup>	82,0 <sup>α</sup>	79,3 <sup>β</sup>	54,1 <sup>β</sup>	47,7 <sup>β</sup>
TB M2 (40 Khóm/m <sup>2</sup> )		232,8 <sup>α</sup>	223,6 <sup>α</sup>	149,2 <sup>β</sup>	144,3 <sup>β</sup>	88,5 <sup>α</sup>	87,4 <sup>α</sup>	26,4 <sup>α</sup>	26,3 <sup>α</sup>	81,9 <sup>α</sup>	80,8 <sup>α</sup>	64,9 <sup>α</sup>	57,9 <sup>α</sup>
TB M3 (50 Khóm/m <sup>2</sup> )		220,1 <sup>β</sup>	212,9 <sup>β</sup>	124,4 <sup>γ</sup>	120,6 <sup>γ</sup>	86,0 <sup>β</sup>	83,7 <sup>β</sup>	26,3 <sup>β</sup>	26,2 <sup>β</sup>	80,9 <sup>β</sup>	79,6 <sup>β</sup>	49,6 <sup>β</sup>	42,4 <sup>γ</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mức bón, ký hiệu <sup>α</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa mật độ và chữ <sup>a</sup> thể hiện không khác nhau khi tương tác giữa mật độ và mức bón ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey. ns: sự sai khác không có ý nghĩa

**Bảng 4.24. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của dòng Ja 35 ở các mức phân đạm và mật độ cấy khác nhau trong vụ mùa năm 2022 và vụ xuân năm 2023 tại Điện Biên**

Phân đạm Kg N/ha	Mật độ cấy Khóm/m <sup>2</sup>	Số bông/m <sup>2</sup> (bông)		Số hạt/bông (hạt)		TLHC (%)		P1000 hạt (g)		Tỉ lệ gạo lứt (%)		NSTT (tạ/ha)	
		Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa	Xuân	Mùa
45	33	199,8 <sup>b</sup>	182,9 <sup>b</sup>	154,1 <sup>ab</sup>	150,5 <sup>a</sup>	92,2 <sup>a</sup>	92,4 <sup>a</sup>	26,1 <sup>d</sup>	26,1 <sup>c</sup>	82,3 <sup>a</sup>	81,6 <sup>b</sup>	59,4 <sup>bc</sup>	54,0 <sup>cd</sup>
	40	229,2 <sup>a</sup>	222,0 <sup>a</sup>	158,1 <sup>a</sup>	150,5 <sup>a</sup>	91,8 <sup>a</sup>	91,7 <sup>a</sup>	26,1 <sup>bc</sup>	26,2 <sup>bc</sup>	81,7 <sup>b</sup>	82,7 <sup>a</sup>	59,1 <sup>bc</sup>	54,3 <sup>cd</sup>
	50	222,6 <sup>a</sup>	213,4 <sup>a</sup>	146,1 <sup>ab</sup>	141,9 <sup>ab</sup>	91,0 <sup>a</sup>	90,7 <sup>a</sup>	26,1 <sup>cd</sup>	26,2 <sup>ab</sup>	81,0 <sup>c</sup>	81,6 <sup>b</sup>	58,7 <sup>bc</sup>	53,3 <sup>cd</sup>
90	33	238,3 <sup>a</sup>	228,9 <sup>a</sup>	155,1 <sup>ab</sup>	150,5 <sup>a</sup>	92,0 <sup>a</sup>	92,9 <sup>a</sup>	26,3 <sup>ab</sup>	26,3 <sup>ab</sup>	82,3 <sup>a</sup>	82,3 <sup>a</sup>	74,7 <sup>a</sup>	69,7 <sup>a</sup>
	40	239,6 <sup>a</sup>	230,6 <sup>a</sup>	153,8 <sup>ab</sup>	147,2 <sup>ab</sup>	92,0 <sup>a</sup>	92,0 <sup>a</sup>	26,3 <sup>a</sup>	26,3 <sup>a</sup>	82,3 <sup>a</sup>	82,7 <sup>a</sup>	69,3 <sup>ab</sup>	65,7 <sup>ab</sup>
	50	229,6 <sup>a</sup>	222,2 <sup>a</sup>	146,5 <sup>ab</sup>	140,8 <sup>ab</sup>	90,7 <sup>a</sup>	90,9 <sup>a</sup>	26,2 <sup>abcd</sup>	26,3 <sup>abc</sup>	80,7 <sup>b</sup>	81,5 <sup>b</sup>	61,3 <sup>abc</sup>	61,3 <sup>bc</sup>
135	33	193,3 <sup>b</sup>	184,4 <sup>b</sup>	150,5 <sup>ab</sup>	141,8 <sup>ab</sup>	88,0 <sup>b</sup>	87,5 <sup>b</sup>	26,3 <sup>a</sup>	26,4 <sup>a</sup>	81,3 <sup>bc</sup>	81,6 <sup>b</sup>	54,7 <sup>bcd</sup>	49,3 <sup>de</sup>
	40	239,3 <sup>a</sup>	230,0 <sup>a</sup>	140,8 <sup>b</sup>	132,2 <sup>b</sup>	87,0 <sup>b</sup>	86,3 <sup>b</sup>	26,3 <sup>ab</sup>	26,4 <sup>ab</sup>	81,7 <sup>b</sup>	81,5 <sup>b</sup>	52,6 <sup>cd</sup>	45,0 <sup>ef</sup>
	50	234,6 <sup>a</sup>	224,7 <sup>a</sup>	120,8 <sup>c</sup>	113,1 <sup>c</sup>	85,7 <sup>b</sup>	85,5 <sup>b</sup>	26,3 <sup>abc</sup>	26,3 <sup>abc</sup>	81,0 <sup>c</sup>	81,5 <sup>b</sup>	43,4 <sup>d</sup>	41,0 <sup>f</sup>
TB N1 (45N)		217,2 <sup>B</sup>	206,1 <sup>B</sup>	152,8 <sup>A</sup>	147,6 <sup>A</sup>	91,7 <sup>A</sup>	91,6 <sup>A</sup>	26,1 <sup>B</sup>	26,2 <sup>B</sup>	81,7 <sup>A</sup>	82,0 <sup>A</sup>	59,0 <sup>B</sup>	53,9 <sup>B</sup>
TB N2 (90N)		235,8 <sup>A</sup>	227,2 <sup>A</sup>	151,8 <sup>A</sup>	146,2 <sup>A</sup>	91,6 <sup>A</sup>	91,9 <sup>A</sup>	26,3 <sup>A</sup>	26,3 <sup>A</sup>	81,8 <sup>A</sup>	82,2 <sup>A</sup>	68,4 <sup>A</sup>	65,6 <sup>A</sup>
TB N3 (135N)		222,4 <sup>B</sup>	213,0 <sup>B</sup>	137,4 <sup>B</sup>	129,1 <sup>B</sup>	86,9 <sup>B</sup>	86,4 <sup>B</sup>	26,3 <sup>A</sup>	26,4 <sup>A</sup>	81,3 <sup>A</sup>	82,0 <sup>A</sup>	50,2 <sup>C</sup>	45,1 <sup>C</sup>
TB M1 (33 Khóm/m <sup>2</sup> )		210,4 <sup>β</sup>	198,7 <sup>β</sup>	153,2 <sup>α</sup>	147,6 <sup>α</sup>	90,7 <sup>α</sup>	90,9 <sup>α</sup>	26,2 <sup>ns</sup>	26,3 <sup>ns</sup>	82,0 <sup>α</sup>	81,9 <sup>β</sup>	62,9 <sup>α</sup>	57,7 <sup>α</sup>
TB M2 (40 Khóm/m <sup>2</sup> )		236,0 <sup>α</sup>	227,5 <sup>α</sup>	150,9 <sup>α</sup>	143,3 <sup>α</sup>	90,3 <sup>α</sup>	90,0 <sup>α</sup>	26,2 <sup>ns</sup>	26,3 <sup>ns</sup>	81,9 <sup>α</sup>	82,3 <sup>α</sup>	60,3 <sup>αβ</sup>	55,0 <sup>αβ</sup>
TB M3 (50 Khóm/m <sup>2</sup> )		228,9 <sup>α</sup>	220,1 <sup>α</sup>	137,8 <sup>β</sup>	132,0 <sup>β</sup>	89,1 <sup>β</sup>	89,0 <sup>β</sup>	26,2 <sup>ns</sup>	26,3 <sup>ns</sup>	80,9 <sup>β</sup>	82,0 <sup>β</sup>	54,5 <sup>β</sup>	51,9 <sup>β</sup>

Ghi chú: Giá trị trong mỗi cột của mỗi yếu tố thí nghiệm mang cùng chữ <sup>A</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa các mức bón, ký hiệu <sup>α</sup> thể hiện sự không khác nhau giữa mật độ và chữ <sup>a</sup> thể hiện không khác nhau khi tương tác giữa mật độ và mức bón ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  theo tiêu chuẩn Tukey. ns: sự sai khác không có ý nghĩa

## PHẦN 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 5.1. KẾT LUẬN

1. Đề tài đã xây dựng bộ dữ liệu về đặc điểm nông sinh học và chất lượng gạo lứt của 25 mẫu giống lúa bản địa vùng Tây Bắc và 3 dòng lúa mới. Các dòng, mẫu giống có thời gian sinh trưởng 121 - 151 ngày, năng suất 3,7 - 6,7 tấn/ha, độ dày vỏ lụa 23,99 - 26,22  $\mu\text{m}$ , khối lượng phôi 0,52 - 0,80 mg, hàm lượng lipid 2,42 - 2,77%,  $\gamma$ -oryzanol 49,77 - 66,26 mg/100 g, protein 7,51 - 12,14%, chất lượng cơm lứt 12 - 19 điểm. Phân tích 35 chỉ thị phân tử phát hiện 25 chỉ thị đa hình với 3,32 alen/locus, PIC tối đa 0,39, phân chia vật liệu thành 5 nhóm di truyền tại hệ số tương đồng 0,7, trong đó Nếp Điện Biên 3 tách thành nhóm riêng. Các dòng Ja12 (vỏ lụa dày), Ja23 (phôi to), Ja35 (phôi to và vỏ lụa dày) và mẫu giống NSL4 và NDB3 được lựa chọn để thử nghiệm tại các vùng trồng khác nhau.

2. Đánh giá 5 dòng, giống tại hai vùng sinh thái cho thấy điều kiện môi trường ảnh hưởng rõ đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng gạo lứt. Tại cánh đồng Mường Thanh, điều kiện nhiệt độ và bức xạ thuận lợi giúp Ja35 đạt năng suất 7,4 tấn/ha (Xuân) và 6,9 tấn/ha (Mùa), đồng thời có khối lượng hạt lớn và hàm lượng các hợp chất dinh dưỡng trong lớp cám cao, phù hợp phát triển sản xuất gạo lứt. Trong nhóm giống bản địa, NDB3 thể hiện ưu thế về năng suất và hàm lượng lipid và  $\gamma$ -oryzanol, là nguồn vật liệu cho sản xuất và chế biến gạo lứt vùng miền núi phía Bắc.

3. Mức bón đạm ảnh hưởng rõ đến hoạt động quang hợp và tích lũy sinh khối. Khi tăng lượng đạm từ 0,5N lên 1N, cường độ quang hợp tăng từ 19,4 lên 23,7  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ; ở 1,5N, chỉ số SPAD đạt 41,5 và chất khô đạt 54,9 g/khóm. Tuy nhiên năng suất cao nhất đạt 31 g/khóm ở mức 1N và giảm ở 1,5N. Mức đạm trung bình tối ưu cho cân bằng sinh trưởng và tích lũy vật chất. Chất lượng gạo lứt tăng theo mức đạm nhưng không cải thiện rõ khi bón vượt mức 1N.

4. Mật độ cây và chế độ bón phân ảnh hưởng rõ đến các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất các dòng, mẫu giống lúa. Mật độ 33 khóm/ $\text{m}^2$  kết hợp bón phân cân đối giúp phát huy tiềm năng của các vật liệu. Trong điều kiện này, Nếp Điện Biên 3 đạt 6,53 tấn/ha với 45 kg N + 90 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  + 90 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha, dòng Ja35 đạt 7,47 tấn/ha tại mức 90 kg N + 90 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  + 90 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha, khi sản xuất gạo lứt chất lượng cao tại vùng Tây Bắc.

## **5.2. ĐỀ NGHỊ**

Sử dụng các mẫu giống đã thu thập như nguồn vật liệu khởi đầu cho các chương trình nghiên cứu về chọn tạo mẫu giống lúa.

Phát triển sản xuất mẫu giống lúa nếp Biện Biên và dòng Ja 35 để làm cơ sở lứt ở khu vực Tây Bắc. Nghiên cứu các sản phẩm chế biến từ gạo lứt với mẫu giống nếp Điện Biên và dòng Ja 35.

## **DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN**

1. Khoa Van Nguyen, Phuong Hoang Nguyen, Mao Thi Hoang, Phuong Thi Dinh, Cuong Van Pham, Nhung Thi Hong Phan (2025). Diversity in protein, lipids, and  $\gamma$ -oryzanol contents of glutinous rice landraces in northwest Vietnam. *Genet Resour Crop Evol* Volume 72, pages 6567 - 6579, (2025).
2. Nguyễn Hoàng Phương, Nguyễn Thị Thu Hiền, Nguyễn Thị Quyên, Nguyễn Đức Thuận, Nguyễn Thị Ngọc Hà, Nguyễn Văn Khoa, Phạm Văn Cường (2024). Ảnh hưởng của tiểu vùng sinh thái đến năng suất và chất lượng gạo lứt của một số mẫu giống lúa tại khu vực Tây Bắc. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam* 2024, 22 (10): 1265 - 1273.
3. N.H. Phuong, N.T.T. Hien, N.T. Quyen, D.T. Phuong, N.T.Q. Chang, P.V. Cuong, N.V. Khoa (2023) Effects of Fertilizer Levels on Amount and Quality Contents of Rice Bran Oil in New *japonica* Rice Varieties with Large Embryo in North Western Region of Vietnam. *Agricultural Science Digest*, Volume 43 Issue 6, December 2023.



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Việt:

1. Bộ Công Thương (2025). *Báo cáo xuất nhập khẩu Việt Nam năm 2024*. Hà Nội: Bộ Công Thương.
2. Bộ Khoa học và Công nghệ (2018). *Tiêu chuẩn quốc gia: Gạo lứt - TCVN 8371:2018*. Hà Nội: Bộ Khoa học và Công nghệ.
3. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2011). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khảo nghiệm giá trị canh tác và giá trị sử dụng của giống lúa (QCVN 01-55:2011/BNNPTNT)*. Hà Nội.
4. Phạm Văn Cường, Nguyễn Quốc Trung, Đinh Mai Thùy Linh, Bùi Hồng Nhung, Trần Thị Hiền, Tăng Thị Hạnh & Nguyễn Văn Hoan (2021). Chọn tạo dòng lúa DCG93 có phù to phục vụ chế biến dầu cám gạo. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*: 10 - 19.
5. Hoàng Ngọc Đình, Trần Hiền Linh, Vũ Mạnh Ấn & Hoàng Thị Giang (2022). Đánh giá chất lượng các giống lúa japonica địa phương. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, (1) : 17 - 25.
6. Tăng Thị Hạnh, Phạm Văn Cường & Võ Thị Nhung (2020). Ảnh hưởng phân bón và mật độ gieo đến sinh trưởng và năng suất giống DCG72 tại Nghệ An. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 18: 239 - 270.
7. Trần Xuân Hạnh, Nguyễn Thanh Hiếu, Hoàng Kim Toàn, Nguyễn Thanh Liêm & Nguyễn Đình Thi (2023). Đặc điểm nông sinh học và khả năng chống chịu sâu bệnh của giống Nếp Ngự Sa Huỳnh. *Hue University Journal of Science: Agriculture and Rural Development*, 132(3B): 3973 - 3981.
8. Nguyễn Văn Hoan, Phạm Công Thành, Nguyễn Thị Thu Hà & Nguyễn Văn Bộ (2018). Đa dạng di truyền nguồn gen lúa bản địa miền núi phía Bắc Việt Nam. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 18: 56-63.
9. Trần Thị Thu Hương, Trần Thị Hồng Châu, Hoàng Đình Bằng & Lê Thị Trúc Hương (2017). Quy trình sản xuất gạo lứt giàu DABA từ giống OM5451, OM6979 và OM1532. *Tạp chí Khoa học Đại học Văn Hiến*, 5: 140-152.
10. Đỗ Thị Hường, Đoàn Công Diễn, Tăng Thị Hạnh, Nguyễn Văn Hoan & Phạm Văn Cường (2013). Đặc tính quang hợp và tích lũy chất khô của một số dòng lúa ngắn ngày mới chọn tạo. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, 11(2): 154-160.
11. Nguyễn Thị Huyền, Nguyễn Đức Thành, Nguyễn Thị Hòa & Nguyễn Văn Hưng (2013). Đánh giá đa dạng di truyền các dòng lúa bằng chỉ thị SSR. *Tạp chí Công nghệ Sinh học*, 11(3): 457-466.

12. Dương Thị Hồng Mai, Vũ Linh Chi, Nguyễn Thị Tâm Phúc & Nguyễn Thị Thu Hằng (2020). Nghiên cứu một số biện pháp kỹ thuật canh tác cho giống nếp Tan Nhe tại Sông Mã, Sơn La. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, (8): 22-27.
13. Trần Danh Sửu, Trần Quang Tuyên, Nguyễn Thị Lộc & Nguyễn Văn Hùng (2021). Đánh giá đa dạng di truyền tập đoàn lúa địa phương Lào Cai bằng chỉ thị SSR. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 19(10): 1342-1351.
14. Lê Văn Khánh, Phạm Văn Cường & Tăng Thị Hạnh (2015). Khả năng tích lũy chất khô và vận chuyển hydrat carbon của các dòng lúa Khang Dân 18 cải tiến. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, 13: 534-542.
15. Nguyễn Tuấn Khôi & Phạm Thị Thơm (2020). Ảnh hưởng mật độ và công thức bón phân đến năng suất giống lúa nếp N612 vụ Xuân 2017 tại Nghệ An. *Tạp chí Khoa học Đại học Lạc Hồng*, (9): 73 - 80.
16. Lương Thị Kim Loan, Phạm Hùng Cường, Đới Hồng Hạnh, Vũ Thị Thu Hiền & Nguyễn Hữu Thọ (2022). Đánh giá sinh trưởng, năng suất và chất lượng một số mẫu giống lúa màu tại Đà Bắc, Hòa Bình. *TNU Journal of Science and Technology*, 227(10): 252-258.
17. Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam (2022). *Báo cáo thường niên nghiên cứu và phát triển lúa năm 2021*. Hà Nội.
18. Nguyễn Thị Vân, Lê Thị Phượng, Nghiêm Thị Hương & Phạm Thị Thanh Bình (2023). Ảnh hưởng của mật độ cấy và liều lượng đạm đến sinh trưởng và năng suất giống lúa VAAS16 tại Thanh Hóa. *Khoa học Đại học Hồng Đức*, (66): 147 - 154.
19. Trần Đức Thành (2023). Rainfall extremes in Northern Vietnam: patterns and trends. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 45(3): 221-235.
20. Nguyễn Đức Thành, Nguyễn Thị Huyền, Nguyễn Thị Hòa & Nguyễn Thị Phương (2019). Phân tích đa dạng di truyền các giống lúa mùa bằng chỉ thị SSR. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 12: 45-52.
21. Phan Thị Thanh, Nguyễn Trọng Khanh, Nguyễn Thanh Tuấn, Đỗ Thế Hiếu, Nguyễn Thị Sen, Dương Xuân Tú & Hoàng Ngọc Thuận (2020). Nâng cao hiệu quả sử dụng phân đạm cho lúa chất lượng cao vùng đồng bằng sông Hồng. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, (5): 8 - 15.
22. Lê Văn Trường, Nguyễn Thị Hồng Ngát, Trần Thị Thắm, Võ Thị Minh Tuyền, Trần Thị Huệ Hương & Nguyễn Hồng Sơn (2024). Nghiên cứu xác định liều lượng phân đạm và mật độ cấy thích hợp cho giống lúa DT82. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, (1): 34 - 43.
23. Tổng cục Thống kê (2025). *Niên giám thống kê Việt Nam 2024*. Hà Nội: Nhà xuất bản Thống kê.

24. Đoàn Thanh Quỳnh, Nguyễn Thị Hảo, Vũ Thị Thu Hiền & Trần Văn Quang (2016). Đánh giá đa dạng di truyền nguồn gen lúa nếp địa phương dựa trên kiểu hình và chỉ thị phân tử. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 14(4): 527-536.
25. Nguyễn Văn Khoa & Phạm Văn Cường (2015). Hiệu quả sử dụng đạm của cây lúa cận vùng Tây Bắc. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, 13: 1333-1342.
26. Nguyễn Văn Phúc, Nguyễn Lê Hiên, Nguyễn Văn Hùng & Nguyễn Đức Thành (2021). Phân tích đa dạng di truyền các giống lúa địa phương vùng Đồng bằng sông Cửu Long bằng chỉ thị SSR. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 19(6): 812-821.
27. Thương vụ Việt Nam tại Singapore (2025). *Báo cáo thị trường gạo tại Singapore năm 2024*. Singapore: Bộ Công Thương Việt Nam.
28. Yoshida, S. (1981). *Những nguyên lý cơ bản về sinh lý cây lúa* (bản dịch tiếng Việt). Hà Nội: Nhà xuất bản Nông nghiệp.

#### **Tiếng Anh:**

29. Abdelsalam, K. M. H., Shaalan, A. M., AbouEl-Soud, G. M., El-Dalil, M. A. E., Marei, A. M., Abd El-Moneim, D., El-Banna, A. A. A., Lamloom, S. F., & Abdelghany, A. M. (2025). Comprehensive quality profiling and multivariate analysis of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars: integrating physical, cooking, nutritional, and micronutrient characteristics for enhanced varietal selection. *BMC Plant Biology*, 25, 492.
30. Agusta, H., Santosa, E., Dulbari, D., Guntoro, D. & Zaman, S. (2022). Continuous heavy rainfall and wind velocity during flowering affect rice production. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 44(2): 290 - 302.
31. Ahmed, S.M., Saleh, P.W., Wang, N., Yang, L. & Xiao, Z. (2019). Brown rice versus white rice: nutritional quality, potential health benefits, development of food products, and preservation technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4): 1070-1096.
32. Bo, P., He, K., Xu, K., Peng, J., Liu, Z.Y., Ma, X.R., Sun, Y.F., Song, X.H., He, L.L., Pang, R.H., Li, J.J., Wang, Q.X., Zhou, W., Li, H.L. & Yuan, H.Y. (2020). Characteristics of giant embryo rice and research prospect of its processing and utilization. *Journal of Plant Studies*, 9(1): 13-27.
33. Cuong, V.P., Tang, T.H., Nguyen, H.H., Sakata, M., Yasui, H. & Yoshimura, A. (2022). Effects of nitrogen fertilizer application on photosynthesis, embryo and endosperm development of a giant embryo rice genotype. *Environment Control in Biology*, 60(2): 109-115.

34. Chen, G. Y., Peng, L. G., Li, C. M., Tu, Y. B., Lan, Y., Wu, C. Y., Duan, Q., Zhang, Q. Q., Yang, H., & Li, T. (2023). *Effects of the potassium application rate on lipid synthesis and eating quality of two rice cultivars*. *Journal of Integrative Agriculture*, 22(7), 2025-2040.
35. Chen, H., Wang, J., Zhang, Y. & Li, X. (2022). Population structure and genetic diversity in rice revealed by SSR markers. *Agronomy*, 12(7): 1674-1685.
36. Deng, F., Wang, L., Ren, W., & cs. (2022). *Effects of nitrogen management on grain quality and protein accumulation in rice*. *Field Crops Research*, 277, 108405.
37. Diankai, G., Wang, Y., Chen, Y., Liu, X. & Yu, G. (2025). Effects of increased planting density and reduced nitrogen application on rice lodging resistance, yield and quality. *Scientific Reports*, 15(1): 25524.
38. Do Xuan Duc (2025). Spatiotemporal trends in temperature and rainfall in Northwestern Vietnam (2009-2024). *Environment and Natural Resources Journal*, 24(1): 1-17.
39. ElShamey, E., Yang, X., Yang, J., Xia, L. & Zeng, Y. (2025). A systems review of grain proteins in rice and barley: biosynthesis, regulation and impact on end-use quality. *Frontiers in Plant Science*, 16: 1658144.
40. Fathi, A. (2022). Role of nitrogen in plant growth, photosynthesis pigments and nitrogen use efficiency: A review. *Agrisost*, 28: 1-8.
41. Fabian, C. & Ju, Y. H. (2011). A review on rice bran protein: Its properties and extraction methods. *Journal of Food Science*, 76(5), 96-101.
42. Fernando, D., Ovenden, B., Sreenivasulu, N. & Butardo, V. (2025). Comparative analysis of rice grain quality and climate change impacts in temperate production zones. *Preprints*, 2025052196.
43. Gong, Y., Li, X., Chen, Z., Zhang, H., Liu, Y., Wang, J., Zhao, C. (2025). Nitrogen fertilizer application and optimized planting density regulate grain filling and carbohydrate accumulation in rice. *Plants*, 14(11), 1690.
44. Goufo, P. & Trindade, H. (2014). Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, tocopherols, tocotrienols, gamma-oryzanol and phytic acid. *Food Science & Nutrition*, 2(2): 75-104.
45. Guangyi, C., Mingming, H., Xingmei, H., Yang, H., Zhang, Q., Wu, C., Duan, Q., Peng, L., Li, Z., Ouyang, Y. & Lan, Y. (2024). Evaluating rice lipid content, yield and quality in response to nitrogen rate and planting density. *Frontiers in Plant Science*, 15: 1469264.
46. Guo, L., Liu, Y., Zhang, X., Li, H., Wang, J., Chen, Z. (2025). Elevated nitrogen fertilization compromises lodging resistance and alters yield formation in rice. *Agronomy*, 15(11), 2451.

47. Gileung, L., Lee, Y., Kim, B., Seo, J., Lee, D., Jang, S., Jin, Z., Lee, C. & Koh, H.J. (2019). Identification and characterization of LARGE EMBRYO gene controlling embryo size in rice (*Oryza sativa* L.). *Rice*, 12(1): 22.
48. Ha, E.Y., Lee, H.G., Kim, M.J., Sang, W.G., Yang, C.I. & Mo, C.Y. (2024). Prediction of protein content in paddy rice combining near-infrared spectroscopy and deep learning. *Frontiers in Plant Science*, 15: 1398762.
49. Harakotr, B., Prompoh, K., Suriharn, K., Lertrat, K. & Serrano, M. (2021). Genotype by environment interaction effects on nutraceutical lipid compounds of pigmented rice. *International Journal of Agronomy*, 2021: 1-10.
50. He, H., Shi, J., Chen, M., Zhao, J., Qu, K., Li, M., Zhao, L., Wang, Y., Hu, Z., Li, Q. (2025). Dynamic changes of rice sheath non-structural carbohydrates and source-sink balance under elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration and temperature stresses. *Journal of Plant Physiology*, 311:154547.
51. He, L., Wang, Y., Xia, S., Xie, W., Ren, D. & Rao, Y. (2025). Improvements in tolerance to heat stress in rice via molecular mechanisms. *Agriculture*, 15(3): 318.
52. Helena, J., Bonfili, L., Angeletti, M., Uberti, D., Eleuteri, A.M., Abate, G. & Cecarini, V. (2025). Biochemical, biological and clinical properties of gamma-oryzanol. *Antioxidants*, 14(9):1099.
53. Heon, W.K., Cho, S.M., Cho, I.K., Li, Q.X., Jang, H.H., Lee, S.H. & Lee, Y.M. (2015). Characterization and quantification of gamma-oryzanol in Korean rice varieties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(2): 166-174.
54. Hiroshi, W., Onda, Y., Nonami, H., Nakashima, T., Balsells, R.E., Morita, S., Hiraoka, K., Tanaka, F. & Nakano, H. (2019). Multiple strategies for heat adaptation to prevent chalkiness in rice endosperm. *Journal of Experimental Botany*, 70(4): 1299-1311.
55. Hong, F., Li, T., Zhou, Y., Lyu, Q., Chen, L., Wang, X. & Ding, W. (2023). Effect of rice bran and retrograded time on brown rice noodle quality. *Foods*, 12(24):4509.
56. Hoque, M.I., Islam, M.M., Begum, S.N., Yasmine, F., Khanom, M.S.R. & Islam, M.M. (2021). Genetic diversity analysis of rice (*Oryza sativa* L.) landraces using SSR markers in Bangladesh. *SAARC Journal of Agriculture*, 19(2), 13-25.
57. Hoque, M.I., Islam, M.M., Begum, S.N. & Yasmine, F. (2021). Genetic diversity analysis of rice landraces using SSR markers. *SAARC Journal of Agriculture*, 19(2): 103-114.
58. Hu, X., Wang, K., Li, Y., & cs. (2021). *Interaction of starch, protein, and lipids in rice: Mechanisms and effects on grain quality and digestion*. Food Chemistry, 344, 128682.
59. Huang, M. & Zou, Y.B. (2020). Reducing environmental risk of nitrogen by dense transplanting in rice production. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(9): 2362-2366.
60. IMARC Group (2024). *Brown rice market size, share, trends and forecast 2025-2033*.

61. Ingram, G.C. (2020). Family plot: impact of endosperm and extra-embryonic tissues on embryogenesis. *F1000Research*, 9.
62. Jawaria, I., Ahmad, A.M.S., Khalid, F. & Abbasi, Y. (2023). Assessing rice (*Oryza sativa* L.) quality: A comprehensive review of current techniques and future directions. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14: 100843.
63. Jia, Y., Gong, X., He, J., Luo, J. & Su, P. (2025). Variations of solar radiation and impact on rice growth in agrophotovoltaic systems. *Preprints*. 15(8), 1975.
64. Jiban, S., Karki, M., Subedi, S. & Shah, K.K. (2020). Role of nutrients in rice (*Oryza sativa* L.): A review. *Agrica*, 9(1):53-62.
65. Jing, X., Zhang, X.F. & Xue, H.W. (2016). Rice aleurone layer-specific OsNF-YB1 regulates grain filling and endosperm development. *Journal of Experimental Botany*, 67(22): 6399-6411.
66. Jisheng, Z., Tang, X., Potcho, P.M., Huang, S. & Ma, L. (2020). Nitrogen effects on yield, quality and physiological characteristics of giant rice. *Agronomy*, 10(11):1816.
67. Jittimon, W., Wattanachant, S., Oupkaew, P., Venkatachalam, K. & Charoenphun, N. (2025). Quality evaluation of ready-to-use brown rice powder using extrusion process. *Foods*, 14(22):3948.
68. Juliano, B. O., & Tũaño, A. P. P. (2019). Gross structure and composition of the rice grain. In J. Bao (Ed.), *Rice* (pp. 31-53). Academic Press.
69. Kato, T., Matsukawa, T. & Horibata, A. (2017). QTL responsible for difference in  $\gamma$ -oryzanol content in brown rice between japonica and indica cultivars. *Plant Production Science*, 20(4): 459-466.
70. Keneswary, R., Zhang, H., Cao, Y., Wang, C.W., Aglago, E.K., Zhang, Y., Jin, Y. & Pan, B. (2018). Phytochemical profile of brown rice and nutrigenomic implications. *Antioxidants*, 7(6): 71.
71. Koyi, J., Reddy, M. & Setty, J. (2024). Impact of temperature variations on rice production. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(5): 1-9.
72. Kumari, S., Singh, R., Yadav, P. & Kumar, A. (2025). Molecular profiling and genetic diversity assessment of rice (*Oryza sativa* L.) using SSR markers. *Genetika*, 57(1): 63-78.
73. Kun, Z., Huang, W., Liu, Z., Miao, X., Tao, S., Wang, J., Zhang, J. & Zeng, X. (2024). Biological roles of lipids in rice. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(16):9046.
74. Khin, O.M., Sato, M., Li-Tao, T., Matsue, Y., Yoshimura, A. & Mochizuki, T. (2015). Aleurone traits associated with lipid content of rice grains. *Plant Production Science*, 16(1): 41-49.

75. Le, T.T.H., Van Anh, D.T., Nguyen, T.N., Hang, T.T.T. & Pham, V.T. (2020). Climate resources for tourism: case of Moc Chau Plateau, Vietnam. *Journal of Social and Political Sciences*, 3(3): 652-658.
76. Li, D.Q., Wu, X.B., Wang, H.F., Feng, X., Yan, S.J., Wu, S.Y., Liu, J.X., Yao, X.F., Bai, A.N., Zhao, H., Song, X.F., Guo, L., Zhang, S.Y. & Liu, C.M. (2021). Defective mitochondrial function by mutation in THICK ALEURONE 1 leads to increased aleurone layers and improved nutrition in rice. *Molecular Plant*, 14(8): 1343-1361.
77. Li, M., Jiang, M., Jiang, X., Ji, G., Li, L. & Zhou, W. (2022). Effects of nitrogen-reduction cultivation models on nitrogen accumulation and yield of hybrid indica rice[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 28 (4): 598-610..
78. Li, X., Zhang, Y., Wang, J. & Chen, H. (2024). Assessment of genetic diversity in rice germplasm using molecular markers and multivariate analysis. *Frontiers in Plant Science*, 15: 1284-1296.
79. Lifeng, G., Du, X., Chang, J., Gong, J., Chu, Z., Lv, J. & Jiang, L. (2025). Effects of low-temperature stress at different growth stages on rice physiology, pollen viability and yield in China's cold region. *PLOS ONE*, 20(8): e0329441.
80. Liu, Z., Shang, L., Dai, S., Ye, J., Sheng, T., Deng, J., Liu, K., Fahad, S., Tian, X., Zhang, Y., Huang, L. (2024). Optimizing nitrogen application and planting density improves yield and resource use efficiency via regulating canopy light and nitrogen distribution in rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 25(1): 81 - 91.
81. López, B.L.C. (2020). Soxhlet extraction. In: *Liquid-Phase Extraction*.
82. Lu, A., Chen, H., He, M., Xiao, F., Li, G., Ding, Y. & Liu, Z. (2020). Embryo-endosperm interaction and agronomic relevance. *Frontiers in Plant Science*, 11: 587641.
83. Luong, N.H., Tran, D.X., Nguyen, T.T., Bui, T.T.H., Pham, T.T. & Nguyen, H.T. (2021). Genetic structure and geographical differentiation of rice landraces in northern Vietnam. *Plants*, 10(10), 2094.
84. Madhumita, P. & Naik, S.N. (2004). Gamma-oryzanol from rice bran oil: A review. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 63: 569 - 578.
85. Manju, B., Ramesh, B.K., Naik, B., Dheebakaran, G.A., Sathiya Bama, K., Vijayalakshimi, D. & Kalpana, M.R.G. (2025). Agronomic and environmental perspectives on rice grain quality. *Plant Science Today* 12 (3): 1-11.
86. Masanam, L.S. (2022). A review of system on rice cultivation. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 5(7): 117 - 119.
87. McGuire, S.T., Shockey, J. & Bates, P.D. (2025). The first intron and promoter of DGAT1 influence embryo lipid accumulation. *New Phytologist*, 245(1): 263-281.

88. Min, H., Zou, Y., Hu, L., Chen, J. & Cao, F. (2024). Amylopectin content rather than amylose or protein content is critical to determining the starch digestion rate in high-amylose rice. *Food Chemistry Advances*, 5: 100758.
89. Min, H.K., Park, H.Y., Jang, Y., Kim, J.E. & Kim, J.W. (2024). The effect of gelatinized brown rice extract on type 2 diabetes mellitus via inhibition of insulin resistance mediators in HepG2 cells. *Discover Food*, 4(1): 131.
90. Ming, H.C., Bergman, C.J., Grimm, C.C. & McClung, A.M. (2019). Giant embryo rice mutant with increased lipophilic antioxidants. *Cereal Chemistry*, 97(2): 270-280.
91. Mohan, B.H.M. & Koseki, T. (2010). Physico-chemical characteristics of indica and japonica brown rice. *LWT - Food Science and Technology*, 43(5): 784-791.
92. Mónica del Rocío, V.A., Carla Verónica, V.A. & Ortiz Mata, J.D.V.C. (2025). Nutritional and biochemical characterization of white and brown rice (*oryza sativa*) subjected to different pest control methods. *Applied Sciences*, 15(4): 2190.
93. Muhammad, H.S., Zhang, H. & Liu, L. (2022). Synergistic impact of reducing nitrogen fertilizer on growth and yield. *Plant Production Science*, 25(3): 289-297.
94. Nachiketa, A. & Basnet, E.B. (2021). Characteristic of the Regional Rainy Season Onset over Vietnam: Tailoring to Agricultural Application. *Atmosphere*, 12(2): 198.
95. Nanda, A., Mohapatra, B.B. & Mahapatra, A.P.K. (2021). Multiple comparison test by Tukey's honestly significant difference (HSD): Do confidence levels control type I error? *International Journal of Statistics and Applied Mathematics*, 6(1): 59-65.
96. Naseem, Z. & Javed, S. (2020). Brown rice as a useful nutritional source. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 33(3): 445-453.
97. Nayu, I., Yamada, Y. & Nishi, N. (2025). Health and Economic Impacts of Increased Brown Rice Consumption on Type 2 Diabetes in Japan: A Simulation Study, 2019-2029. *Nutrients*, 17(3): 532.
98. Nicolas, M.D., Brunaud, V., Caius, J., Grimault, A., Depège-Fargeix, N., Esteban, E., Pasha, A., Provart, N.J., Ingram, G.C., Rogowsky, P.M. & Widiez, T. (2020). Transcriptomics at embryo-endosperm interfaces. *The Plant Cell*, 32(4): 833-852.
99. Nivedha, S., Vanniarajan, C., Souframanien, J. & Ramalingam, J. (2024). Genetic diversity and population structure analysis in rice using SSR markers. *Rice*, 17(1): 1-12.
100. Nkulu, R.K., Park, D.S., Kwon, Y., Lee, S.B., Lee, S.M., Kang, J.W., Jang, S.G. & Oh, K.W. (2023). Grain Size, Shape, and Weight-Related QTLs Identified Using GWAS with Multiple GAPIT Models and High-Density SNP Chip DNA Markers. *Plants*, 12(23): 4044.
101. Noor, H., Ding, P., Ren, A., Sun, M. & Gao, Z. (2023). Effects of nitrogen fertilizer on photosynthetic characteristics and yield. *Agronomy*, 13(6): 1550.



102. Noreen, Z., Ahmad, N. & Farooq, M. (2022). Rice production systems and grain quality. *Journal of Cereal Science*, 105: 103463.
103. Nga, T.P.M., Nguyen, T.T.L., Chan, S.G. & To, H.T.M. (2023). Genome-wide association study controlling fatty acid composition in rice bran oil. *Functional & Integrative Genomics*, 23(2): 150.
104. Ngo, T.H., Phuong, D.V., Van, P.T., Quan, T.A., Ngoc, N.T.H., Nhung, T.T.H., Anh, N.K.N. & Long, T.T. (2024). Impact of climate change and natural disasters in Dien Bien Province. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*.
105. Ngo, T.H., Trinh, T.L., Nguyen, K.N.A., Tran, T.H.N., Nguyen, T.H.N., Tran, A.Q., Pho, T.V. & Do, V.P. (2024). Impact of climate change and natural disasters on livelihoods in Northern mountainous regions of Vietnam. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 40(4): 43-55.
106. OEC (2025). *Rice, husked (brown) (HS 100620): product trade, exporters and importers*.
107. Ohn, M.K., Yamagata, Y., Matsuo, R., Yoshimura, A. & Mochizuki, T. (2012). Identification of QTL for aleurone traits contributing to lipid content of rice. *Molecular Plant* 5 (4): 865-875.
108. Oksanen, J., Simpson, G. L., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2024). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-6.
109. Oladosu, Y., Rafii, M.Y., Abdullah, N., Magaji, U., Miah, G., Hussin, G. & Ramli, A. (2017). Genotype  $\times$  environment interaction and stability analyses of rice genotypes. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B*, 67(7): 590-606.
110. Pallavi (2017). HPLC method development: A review. *Journal of Pharmaceutical Research & Education*, 1(2): 243-260.
111. Patel, M. & Naik, S. N. (2004). Gamma-oryzanol from rice bran oil: A review. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 63(7), 569-578.
112. Paramee, C. & Panpipat, W. (2021). Nutritional values and physicochemical features of Thai brown rice. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(12): 6515-6526.
113. Peng, B., Tu, Y., Wang, J., Lan, Y., Hu, M., Li, C., He, X. & Li, T. (2020). Study on the chalkiness character of giant embryo rice. *Journal of Agricultural Science*, 12(8): 171-180.
114. Peng, J., Zhang, Y., Liu, Y., Liu, Z., Zhang, H., Yang, J., & Zhang, J. (2021). Effect of increased plant density with reduced nitrogen on yield formation and nitrogen use efficiency of hybrid rice. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*. 29(11), 1875-1886.

115. Pijug, S., Manurakchinakorn, S., Bhoopong, P. & Cheong, L.Z. (2022). Comparative analysis of antioxidant compounds in Thai indigenous rice. *Molecules*, 27(16): 5180.
116. Ponce, K., Ye, G., Zhao, X., Qiu, J., Zhang, Z., & Chen, Z. (2020). Genome-wide association study of grain size traits in rice. *Frontiers in Plant Science*, 11:395.
117. Prabhjyot, K., Singh, S.S., Kaur, J. & Dhir, A. (2023). Optimum limits of temperature and sunshine hours for high rice yield. *Journal of Agricultural Physics*, 23: 28-36.
118. Prachi, W., Saini, N., Bhatt, S.S. & Bhatt, A. (2022). Review on nutritional content of various types of rice. *Asian Journal of Food Research and Nutrition*, 1(1): 1-10.
119. Prom-u-Thai, C. & Rerkasem, B. (2020). Rice quality improvement: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(4): 28.
120. Qian, L. (2025). *Phylogenetic tree - UPGMA*. Illinois University.
121. Quan, T.A., Ngo, D.T., Espagne, E. & Trinh, T.L. (2023). A 10-km CMIP6 downscaled dataset for Vietnam climate. *Scientific Data*, 10: 257.
122. R Core Team (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
123. Rahmadanih, R., Saadah, M., Arsyad, M., Amiruddin, A. & Sukmawati, A. (2020). Development strategy of brown rice farming. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*: 012041.
124. Rakesh, M., Singh, T.D., Jones, H. & Momin, T.G. (2020). Effect of nitrogen fertilization on rice: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(3): 2127 - 2130.
125. Rezk, A.A., El-Shafey, R.A., Hammam, K.A., & Abd El-Moneim, D. (2024). Quantitative characteristics of rice grain quality traits and yield components. *Polish Journal of Environmental Studies*, 33(1): 1-14.
126. Ronald, Y., Liu, J., Howitt, C.A., Bird, A.R., Liu, C.M. & Larkin, P.J. (2021). Rice with multilayer aleurone: a larger sink for micronutrients. *Rice*, 14(1):102.
127. Sakata, M., Matsusaka, H., Nakamura, K., Yamagata, Y., Angeles, E.R., Mochizuki, T., Kumamaru, T., Sato, M., Enomoto, A., Tashiro, K., Kuhara, S. & Yoshimura, A. (2016). Development of rice giant embryo mutants for high oil content. *Breeding Science*, 66(3): 425-433.
128. Shittu, T.A., Olaniyi, M.B., Oyekanmi, A.A. & Okeleye, K.A. (2009). Physical and water absorption characteristics of some improved rice varieties. *Food and Bioprocess Technology*, 5(1): 298-309.
129. Shu, T.H., Zhang, X., Chen, W., Song, X., Fu, X., Xu, J., Xiao, Y., Li, Y., Bai, G., Li, J. & Yang, X. (2021). Genetic basis of kernel starch content. *Plant Biotechnology Journal*, 19(11): 2192-2205.

130. Singh, A.K., Kumar, D., Gemmati, D., Ellur, R.K., Singh, A., Tisato, V., Dwivedi, D.K., Singh, S.K. & Kumar, K. (2024). Investigating genetic diversity and population structure in rice using SSR markers. *Crops*, 4(2): 180-194.
131. Singh, A.K., Singh, N., Kumar, A., Sharma, P., Singh, P.K. & Singh, R.K. (2024). Investigating genetic diversity and population structure in rice across Asia. *Plants*, 13(2): 14.
132. Sky Quest Technology Consulting (2025). *Brown rice market size: industry forecast 2025-2032*.
133. Sofia, C., Ferreira, S., Temudo, M.P. & Monteiro, F. (2025). Rice pests and diseases around the world. *Agriculture*, 15(7): 667.
134. Sompong, S. & Chanun, S. (2019). Effect of gamma irradiation on anthocyanin content and rice growth rate. *Malaysian Applied Biology*, 48(4): 147-149.
135. Swarnadip, G., Bhowmick, P.K., Nagarajan, M., Vinod, K.K. & Ellur, R.K. (2023). Grain  $\gamma$ -oryzanol variability and genotype  $\times$  site interaction. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 83(2): 157-167..
136. Tang, T.H., Pham, V.C., Sakata, M., Yasui, H. & Yoshimura, A. (2021). Response of rice giant embryo lines to ecological environments in Northern Vietnam. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 66(2): 173-181.
137. Tao, S., Cao, T., Yao, L., Zhao, Z., Zhang, J., Li, J., Deng, A., Chen, H., Gao, X. & Song, Z. (2025). Low-temperature stress and carbon-nitrogen allocation. *Frontiers in Plant Science*, 16: 1484734.
138. Teng, X., Wang, Y., Liu, L., Yang, H., Wu, M., Chen, X., Ren, Y., Wang, Y., Duan, E., Dong, H., Jiang, L., Zhang, Y., Zhang, W., Chen, R., Liu, S., Liu, X., Tian, Y., Chen, L., Wang, Y. & Wan, J. (2024). Rice floury endosperm encoding a mitochondrial single-stranded DNA-binding protein is essential for RNA splicing and endosperm development. *Plant Science*, 346: 112151.
139. Vu, T.T., Nguyen, T.T., Duong, H.Q., Nguyen, V.H., Nguyen, X.L., Le, V.T., Nguyen, Q.T., Vu, T.C., Nguyen, H.S., Pham, T.T., Nguyen, N.H., Chu, T.H. & Son, K. (2023). Quality assessment of japonica brown rice J02. *Vietnam Ministry of Science and Technology*, 65(2): 37-41.
140. Wanasundara, J. P. D. (2024). Rice: A source of plant protein with many valuable characteristics. In Bao, J. (Ed.), *Rice chemistry and technology* (4th ed., pp. 201-236). Academic Press.
141. Wang, J., Liu, X., Zhang, Y., & cs. (2022). *Effects of nutrient management on grain quality and biochemical composition of rice*. Food Chemistry, 373, 131439.

142. Wang, Y., & cs. (2025). *Influence of glutinous rice raw material characteristics on quality and nutritional properties*. *Molecules*, 30(16): 3315.
143. Wei, H., Ge, J., Zhang, X., Shi, T., Ding, E., Lu, Y., Li, X., Tao, Y., Chen, Y. & Li, M. (2021). Reduced nitrogen with dense planting improves grain yield and nitrogen use efficiency. *The Crop Journal*, 9(4): 954-961.
144. Wei, W., Ma, X., Gu, C., Lu, Z., Ma, R., Wang, X., Lu, Y., Cai, K., Tang, Z., Zhou, Z., Chen, Z. & Zhou, H. (2025). Rice heat stress response: physiological changes and molecular regulatory network. *Plants*, 14(16):2573.
145. Welch, J.R., Auffhammer, M., Moya, P.F., Dobermann, A. & Dawe, D. (2010). Rice yields exhibit opposing sensitivities to minimum and maximum temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 107(33): 14562-14567.
146. Wen, Z.L., Yu, T.Y., Zhao, Y.F., Wang, X.Q., Wang, K.L., Shen, Y.Y., Ding, Y.F. & Tang, S. (2021). Effects of high temperature on rice grain development and quality formation based on proteomics comparative analysis under field warming. *Frontiers in Plant Science*, 12: 746180.
147. Xiang, Y.H., Li, Y., Zhong, X., Hu, R., Li, M., Peng, B., Pan, J., Fu, Y. & Huang, N. (2024). Optimized nitrogen management improves grain yield by regulating panicle architecture. *Heliyon*, 10(14).
148. Xiao, B.W., Li, D. & Liu, C.M. (2016). Rice caryopsis development II: dynamic changes in endosperm. *Journal of Integrative Plant Biology*, 58(9): 786-798.
149. Yang, H.C., Lee, S.Y., Rehman, A., Farooq, M. & Lee, D.J. (2019). Characterization and quantification of  $\gamma$ -oryzanol in Korean rice landraces. *Journal of Cereal Science*, 88: 150-156.
150. Ying, J.M., Liang, X., Zhang, H., Xiang, J., Zhao, L. & Fan, X. (2025). Rice yield and nitrogen use efficiency under climate change. *Agronomy*, 15(3): 677.
151. Ying, L.C., Liu, S., Dong, J., Wang, Y., Hussain, S., Wei, H., Huo, Z., Xu, K. & Dai, Q. (2022). Response of rice yield and grain quality to combined nitrogen and planting density in saline areas. *Agriculture*, 12(11).
152. Yong, K.T., Chen, R., Chen, M. & Jiang, M. (2025). Synergistic effect of nitrogen fertilizer management on rice productivity and quality. *Agronomy*, 15(7) 1648.
153. Zhang, C., Xu, Y., Li, H., Wang, Y. & Zhao, Q. (2023). Genetic diversity and population structure of rice germplasm revealed by SSR markers. *The Crop Journal*, 11(5): 1152-1163.
154. Zhang, H., Chen, T., Wang, Z., & cs. (2021). *Phosphorus application affects grain quality and physicochemical properties of rice*. *Field Crops Research*, 270, 108209.

155. Zhao, D., Zhang, C., Li, Q. & Liu, Q. (2022). Genetic control of grain appearance quality in rice. *Biotechnology Advances*, 60: 108014.
156. Zhao, L.M., Zhou, H., Tang, L., Na, Y.G., Duan, S.B., Zheng, D.F., Feng, N.J. & Shen, X.F. (2024). Optimizing nitrogen dosage and planting density to improve japonica rice yield. *Agronomy*, 14(8): 1707-1719.
157. Zhao, M., Zhang, X., Wang, Z., Liu, Z., Li, G., Wang, S. & Ding, Y. (2016). Chalky part differs in chemical composition from translucent part of japonica rice grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(11): 3937-3943.
158. Zhu, Q., Yu, S., Zeng, D., Liu, H., Wang, H., Yang, Z., Xie, X., Shen, R., Tan, J., Li, H., Zhao, X., Zhang, Q., Chen, Y., Guo, J., Chen, L. & Liu, Y.G. (2017). Development of purple endosperm rice by engineering anthocyanin biosynthesis. *Molecular Plant*, 10(7): 918-929.
159. Zi, C.L., Li, S., Dai, S., Ye, J., Sheng, T., Deng, J., Liu, K., Fahad, S. & Tian, X. (2026). Optimizing nitrogen application and planting density improves yield and resource use efficiency via regulating canopy light and nitrogen distribution in rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 25(1): 81-91.

## **PHỤ LỤC**

PHỤ LỤC 1: THÔNG TIN CÁC DÒNG, GIỐNG LÚA THÍ NGHIỆM

PHỤ LỤC 2: ẢNH ĐIỆN DI PHÂN TÍCH ĐA DẠNG DI TRUYỀN

PHỤ LỤC 3: SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG NĂM 2021, 2022, 2023 TẠI MỘC CHÂU  
SƠN LA VÀ THÀNH PHỐ ĐIỆN BIÊN, ĐIỆN BIÊN

PHỤ LỤC 4: KẾT QUẢ XỬ LÝ SỐ LIỆU THÍ NGHIỆM

PHỤ LỤC 5: MỘT SỐ ẢNH TƯ LIỆU THÍ NGHIỆM

**PHỤ LỤC 1: THÔNG TIN CÁC DÒNG, GIỐNG LÚA THÍ NGHIỆM**

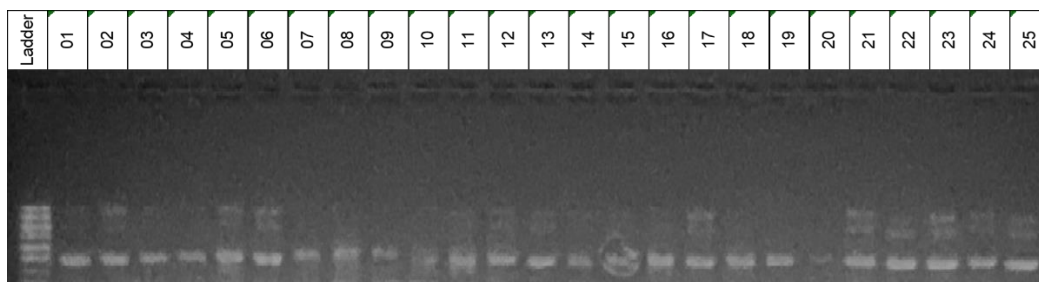
STT	Ký hiệu dòng, giống	Tên thường gọi	Thông tin giống
1	NDB1	Nếp Tan	Sản phẩm đề tài: Phát triển chuỗi giá trị cho lúa đặc sản nếp Tan tỉnh Điện Biên
2	NDB2	Nếp Tan	Sản phẩm OCOP xã Mường Phăng, Điện Biên
3	NDB3	Nếp Điện Biên	Sản phẩm bản địa của đồng bào dân tộc Lào tại Xã Thanh An, Điện Biên
4	NLC1	Nếp Tan	Sản phẩm đề tài Phục tráng giống lúa Khẩu ký và Nếp Tan Co Giàng địa phương của huyện Tân Uyên tỉnh Lai Châu Xã Pắc Ta, Lai Châu
5	NLC2	Nếp Tan	Sản phẩm đề tài: Phục tráng và xây dựng nhãn hiệu sản phẩm hai giống lúa Khẩu Lương Phủng tại huyện Phong Thổ và nếp Tan Pôm tại huyện Than Uyên.
6	NLC3	Tan Pôm	
7	NLC4	Tan Pôm	
8	NSL1	Nếp Tan	Sản phẩm OCOP Xã Ngọc Chiến, Sơn La
9	NSL2	Nếp Tan	Sản phẩm đề tài phục tráng giống lúa nếp tan tỉnh Sơn La tại Xã Mường Chanh, Sơn La
10	NSL3	Tan Vàng	Sản phẩm bản địa của đồng bào dân tộc Thái tại Xã Mai Sơn, Sơn La
11	NSL4	Nếp Sơn La	Sản phẩm chỉ dẫn địa lý nếp tan Mường Và Xã Sốp Cộp, Sơn La
12	NSL5	Tan Hìn	
13	NSL6	Tan Pụa	
14	NSL7	Tan Lanh	
15	NSL8	Tan Đỏ	
16	NSL9	Tan Lương	
17	NSL10	Tan Hoa	Sản phẩm bản địa của đồng bào dân tộc Thái tại Xã Huổi Một, Sơn La
18	NSL11	Tan Lanh	
19	NSL12	Tan Thơm	
20	NSL13	Tan Lương	
21	NSL14	Tan Trắng	Sản phẩm bản địa của đồng bào dân tộc Thái tại Xã Bình Thuận, Sơn La
22	NSL15	Tan Lồng	
23	NSL16	Tan Nhe	Sản phẩm bản địa của đồng bào dân tộc Thái tại Xã Yên Sơn, Sơn La
24	NSL17	Tan Vàng	
25	NSL18	Tan Đỏ	
26	Ja 12	Japonica 12	Dòng Ja 12 có vỏ lụa dày,
27	Ja 23	Japonica 23	Dòng Ja 23 có phôi to
28	Ja 35	Japonica 35	Dòng Ja 35 có phôi to và vỏ lụa dày

## PHỤ LỤC 2: ẢNH ĐIỆN DI PHÂN TÍCH ĐA DẠNG DI TRUYỀN

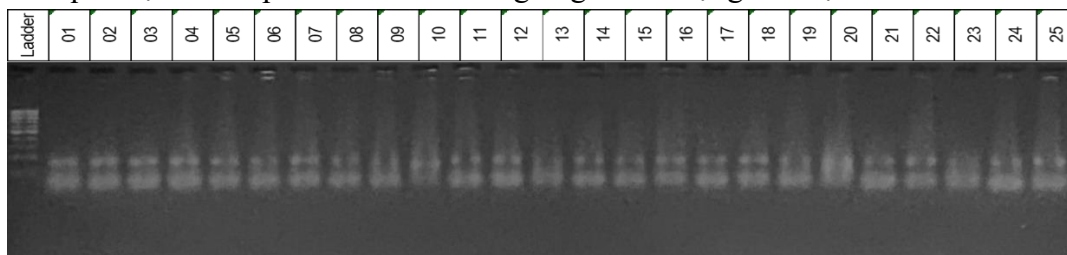
**Bảng thông tin môi sử dụng trong thí nghiệm SSR**

Marker	NST	Forward (5'–3')	Reverse (5'–3')
RM495	1	AATCCAAGGTGCAGAGATGG	CAACGATGACGAACACAACC
RM283	1	ATTTGAGGAGCTGGTGAGAG	CGTTGTTGATGAGGAGGTTG
RM237	1	CAAATCCCGACTGCTGTCC	TGGGAAGAGAGCACTACAGC
RM431	1	TCCTGCGAACTGAAGAGTTG	AGAGCAAAACCCTGGTTCAC
RM154	2	ACCCTCTCCGCCTCGCCTCCTC	CTCCTCCTCCTGCGACCGCTCC
RM452	2	CTGATCGAGAGCGTTAAGGG	GGGATCAAACCACGTTTCTG
RM338	3	CACAGGAGCAGGAGAAGAGC	GGCAAACCGATCACTCAGTC
RM514	3	AGATTGATCTCCCATTCCCC	CACGAGCATATTACTAGTGG
RM124	4	GAGCTAGGAGCAAGAGGAAG	CTCCCATGTTGTTGATGAGG
RM507	5	CTTAAGCTCCAGCCGAAATG	CTCACCCCTCATCATCGCC
RM413	5	GGATCGATGTTGTTGAGGAG	CTGCTGCTTCTTGTTGTTCC
RM161	5	TGCAGATGAGAAGCGGCGCCTC	TGTGTCATCAGACGGCGCTCCG
RM133	6	GTTGCTGCTGCTGCTGTTG	CGATGTTGTTGTTGCTGC
RM162	6	GTTGCTGCTGCTGTTGTTG	CTGCTGCTGTTGTTGTTGC
RM125	7	GTGTTGCTGCTGTTGCTG	CGATGTTGTTGCTGTTGC
RM118	7	TTGTTGCTGCTGTTGTTG	CGATGTTGTTGTTGTTGC
RM152	8	GAAACCACCACACCTCAC	TTGTTGGCCATGTTGTTG
RM284	8	AGGAGGAGGAGGAGGAGG	CCTCTCTCTCTCTCTC
RM433	8	TGCGCTGAACTAAACACAGC	AGACAAACCTGGCCATTAC
RM316	9	TTGTTGTTGCTGCTGTTG	CGATGTTGTTGTTGTTGC
RM271	10	TCAGATCTACAATTCCATCC	TCGGTGAGACCTAGAGAGCC
RM484	10	TGAGGAGGTTGTTGTTGG	CGATGTTGTTGTTGTTGC
RM536	11	TGTTGTTGTTGTTGTTGG	CGATGTTGTTGTTGTTGC
RM277	12	TTGTTGTTGTTGTTGTTG	CGATGTTGTTGTTGTTGC

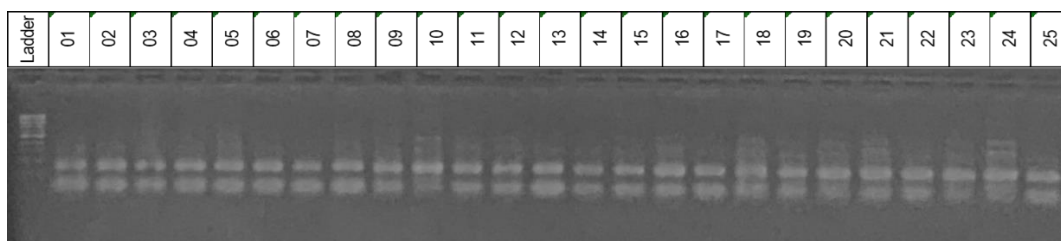




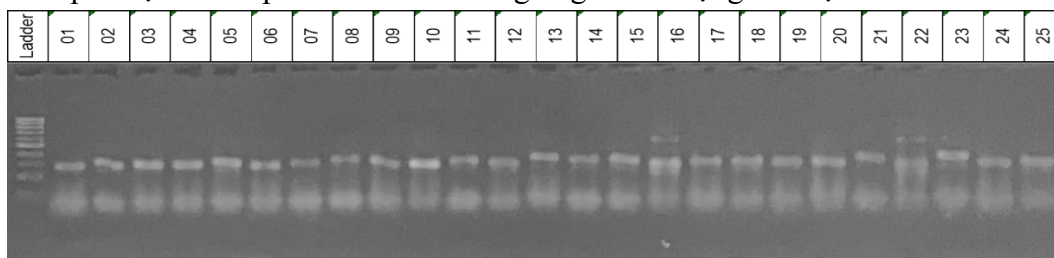
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM495



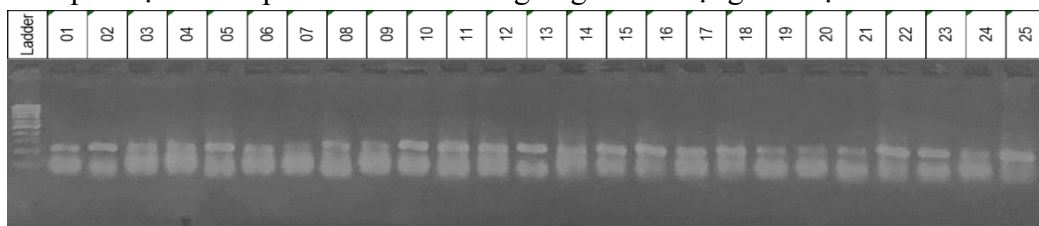
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM283



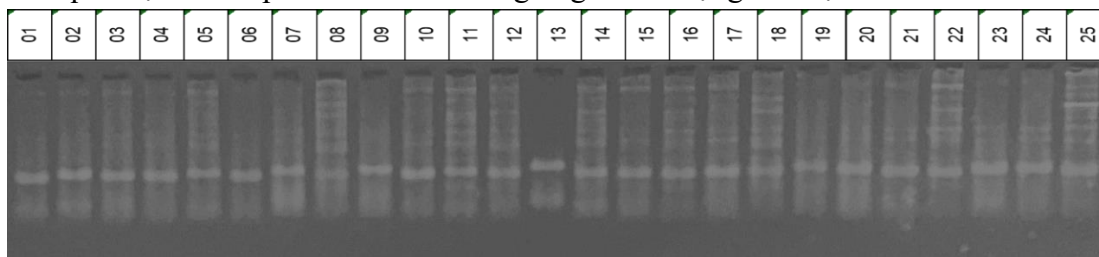
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM237



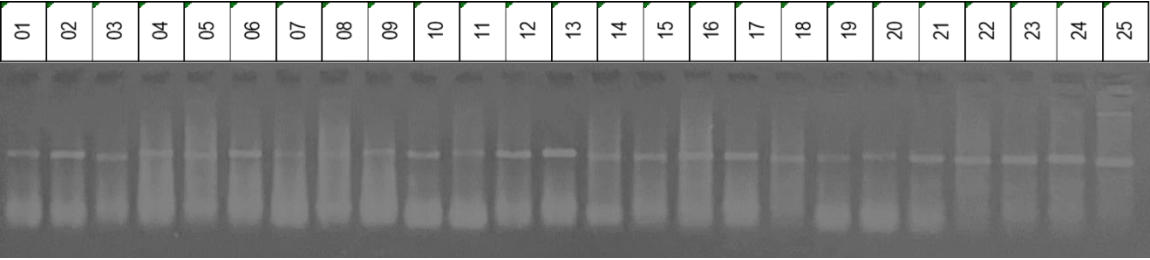
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM431



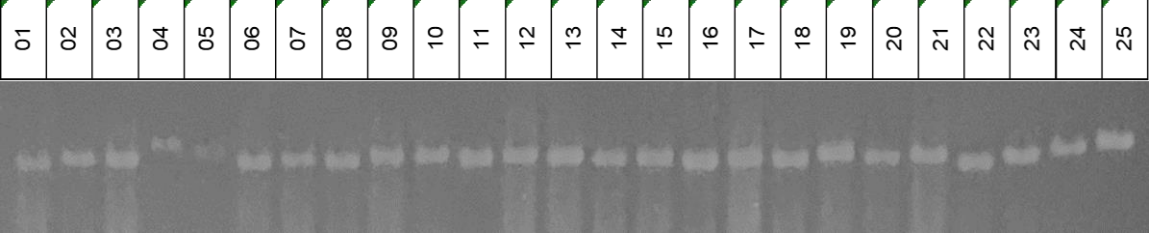
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM452



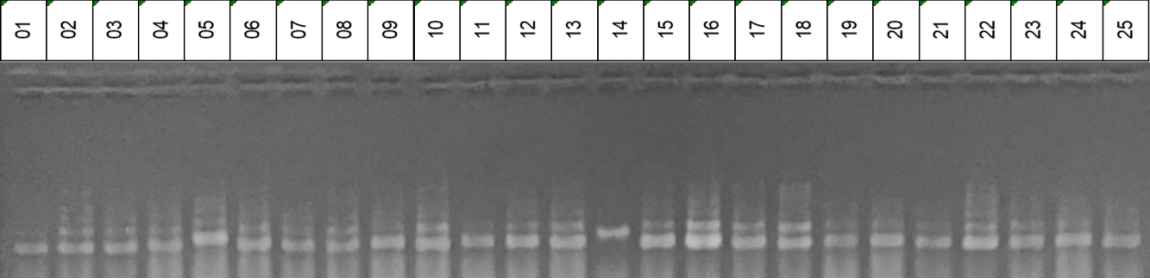
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị OSR13



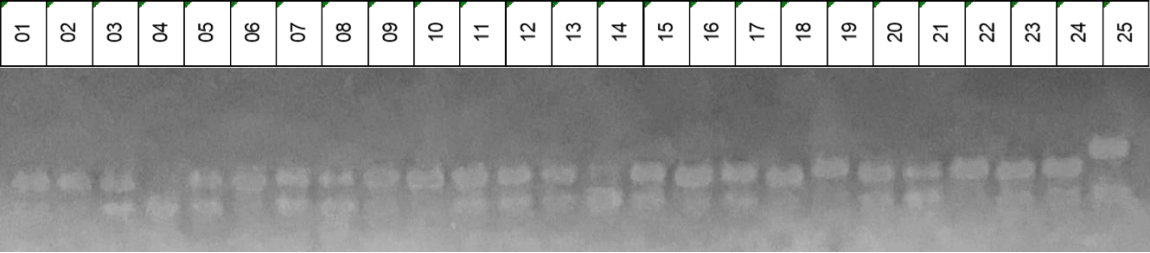
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM338



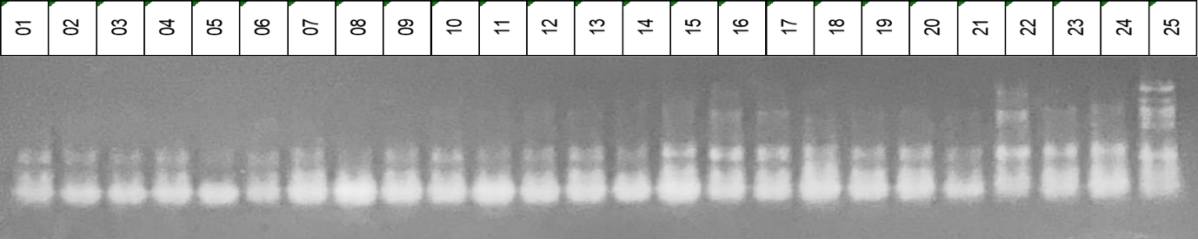
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM514



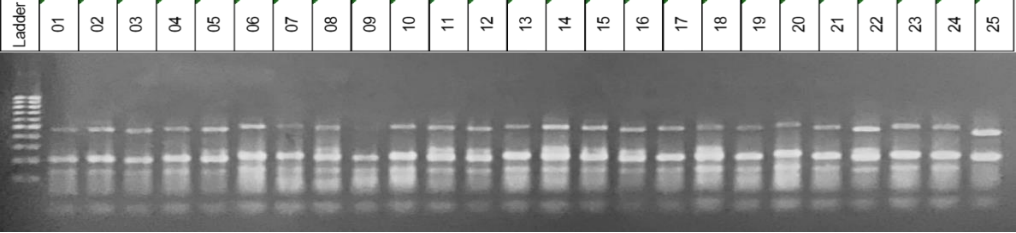
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM507



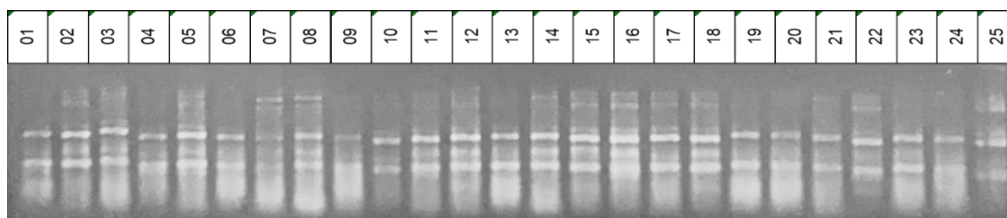
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM413



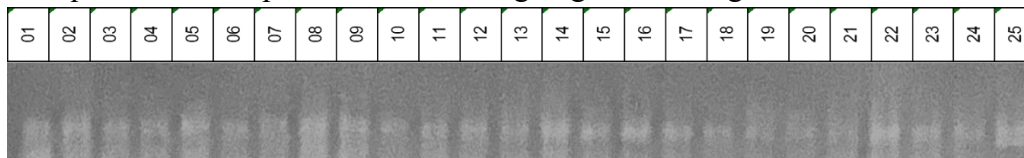
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM161



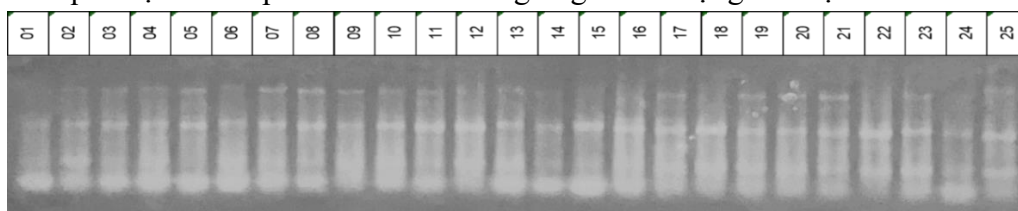
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM133



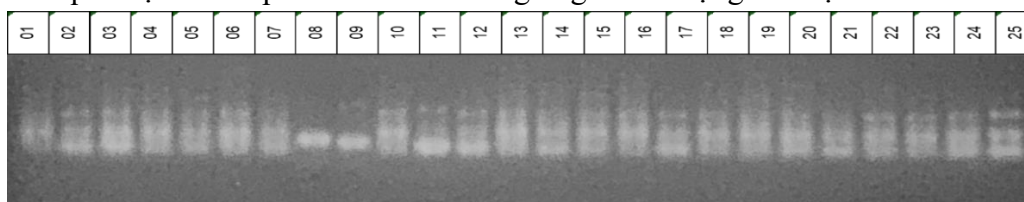
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM162



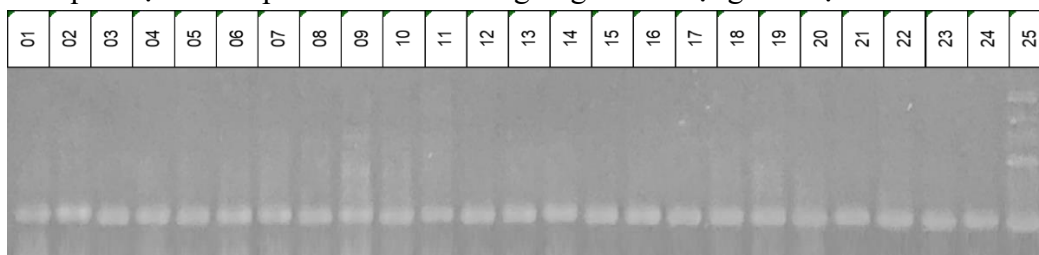
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM125



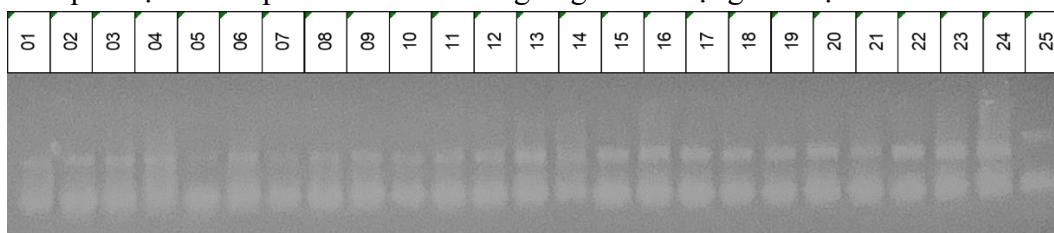
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM455



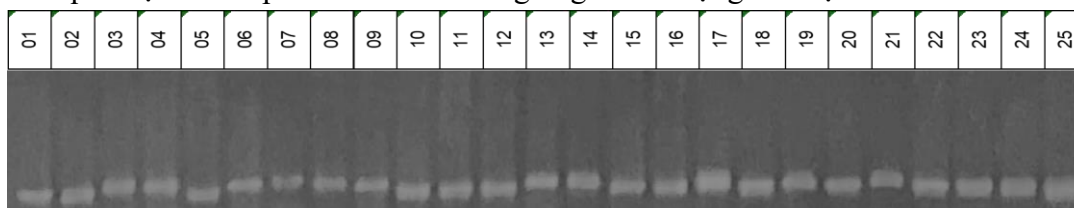
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị



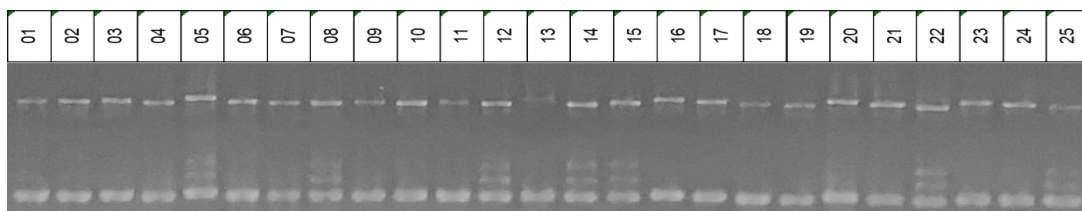
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM408



Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM152



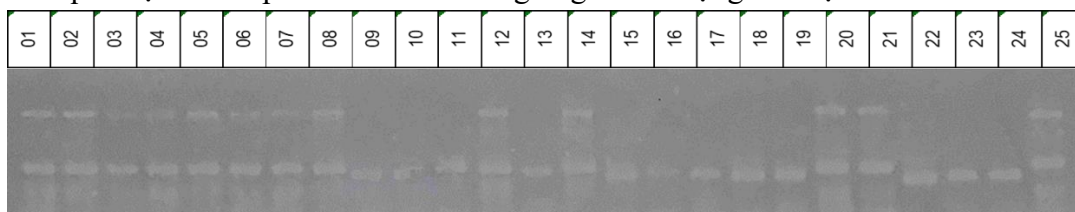
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM284



Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM277



Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM307



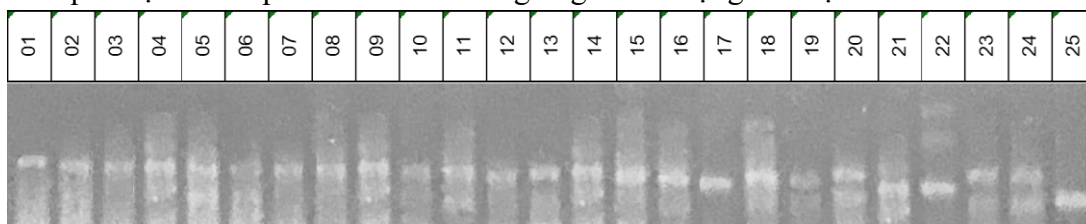
Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM552



Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM19



Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM105



Kết quả điện di sản phẩm PCR 25 mẫu giống lúa sử dụng chỉ thị RM474

**PHỤ LỤC 3: SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG NĂM 2021, 2022, 2023 TẠI MỘC CHÂU SƠN LA VÀ THÀNH PHỐ ĐIỆN BIÊN, ĐIỆN BIÊN**

**SỐ LIỆU KHÍ HẬU MỘC CHÂU VÀ THÀNH PHỐ ĐIỆN BIÊN NĂM 2021**

	Nhiệt độ Điện Biên			Nhiệt độ Mộc Châu			Lượng mưa		Giờ nắng	
	TB	Cao	Thấp	TB	Cao	Thấp	Điện Biên	Mộc Châu	Điện Biên	Mộc Châu
Tháng 1	16,5	23,8	12,5	12,3	17,2	9,4	26,9	21,9	159,8	134,4
Tháng 2	18,3	26,2	13,5	13,8	19,0	10,8	26,4	21,3	177,3	128,2
Tháng 3	21,0	29,0	15,8	17,2	22,8	13,8	55,6	49,9	198,4	151,3
Tháng 4	23,8	31,0	19,3	20,6	26,3	17,0	115,1	101,9	202,0	170,6
Tháng 5	25,5	31,7	21,7	22,6	27,7	19,4	182,5	182,6	202,3	191,0
Tháng 6	26,3	31,1	23,4	23,3	27,7	20,6	253,5	231,3	141,3	155,5
Tháng 7	25,9	30,4	23,3	23,2	27,6	20,6	314,6	268,0	132,7	162,3
Tháng 8	25,6	30,4	23,0	22,7	27,0	20,1	316,6	318,6	148,6	154,9
Tháng 9	24,9	30,5	21,7	21,5	25,8	18,8	150,7	257,2	168,4	157,1
Tháng 10	22,9	29,2	19,4	19,2	23,5	16,4	59,4	132,3	170,5	150,4
Tháng 11	19,7	26,7	15,7	16,2	20,8	13,2	32,5	38,0	160,5	149,0
Tháng 12	16,5	23,9	12,4	13,1	18,0	10,0	26,1	18,0	160,0	152,6
TB	22,2	28,6	18,5	18,8	23,6	15,8	1573,5	1640,4	2025,4	1851,1



SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG THÀNH PHỐ ĐIỆN BIÊN NĂM 2022

Tháng	Tuần	Nhiệt độ (Đơn vị °C)			Lượng mưa (Đơn vị: mm)	Giờ nắng (Đơn vị: Giờ)
		Trung bình	Tối cao	Tối thấp		
Tháng 01	Tuần I	19.1	29.2	13.7	-	48.2
	Tuần II	18.8	25.4	13.5	47.9	41.6
	Tuần III	18.9	29.4	13.3	15.0	72.5
Tháng 02	Tuần I	18.0	30.3	13.8	5.8	29.8
	Tuần II	20.2	30.4	11.9	83.4	81.5
	Tuần III	14.9	26.9	9.6	6.5	23.1
Tháng 3	Tuần I	22.3	33.2	15.8	14.9	53.5
	Tuần II	24.9	33.2	19.5	29.4	83.0
	Tuần III	24.4	33.3	19.1	21.0	57.5
Tháng 4	Tuần I	21.0	30.5	13.0	0.3	45.3
	Tuần II	24.0	33.5	18.9	76.6	88.0
	Tuần III	25.7	35.4	19.1	7.0	75.3
Tháng 5	Tuần I	23.6	31.7	16.1	68.4	44.9
	Tuần II	25.1	33.1	20.2	55.8	49.4
	Tuần III	26.0	34.8	22.7	132.0	55.6
Tháng 6	Tuần I	26.1	33.1	23.0	66.7	17.7
	Tuần II	26.3	33.3	22.1	133.3	30.6
	Tuần III	26.5	33.9	22.5	59.8	52.2
Tháng 7	Tuần I	27.3	34.6	23.3	84.2	46.2
	Tuần II	27.8	25.5	22.1	62.1	89.6
	Tuần III	27.5	36.0	23.3	25.7	86.8
Tháng 8	Tuần I	26.4	33.8	22.1	65.2	52.9
	Tuần II	26.4	34.6	22.0	105.1	63.6
	Tuần III	26.9	34.3	22.2	91.0	69.4
Tháng 9	Tuần I	26.3	35.5	22.3	15.3	50.9
	Tuần II	25.5	33.7	21.9	55.0	57.5
	Tuần III	25.2	32.5	20.3	2.6	51.5
Tháng 10	Tuần I	25.0	32.6	20.5	14.6	53.0
	Tuần II	22.3	30.4	13.7	32.0	81.3
	Tuần III	23.1	32.5	17.2	28.0	68.7
Tháng 11	Tuần I	20.0	30.0	13.1	-	65.0
	Tuần II	22.8	31.1	15.1	13.9	62.6
	Tuần III	23.2	30.8	18.0	10.1	45.2
Tháng 12	Tuần I	21.0	28.9	17.0	1.4	25.6
	Tuần II	16.9	24.9	7.3	-	67.1
	Tuần III	16.8	25.0	12	35.4	29.4

**SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG CAO NGUYÊN MỘC CHÂU SƠN LA NĂM 2022**

Tháng	Tuần	Nhiệt độ (Đơn vị °C)			Lượng mưa (Đơn vị: mm)	Giờ nắng (Đơn vị: Giờ)
		Trung bình	Tối cao	Tối thấp		
Tháng 01	Tuần I	14.7	22.8	10.0	1.6	22.1
	Tuần II	13.8	23.0	9.0	27.9	48.2
	Tuần III	15.4	25.1	7.0	8.4	65.6
Tháng 02	Tuần I	10.8	23.0	6.1	11.4	19.1
	Tuần II	13.8	25.4	3.5	83.9	23.2
	Tuần III	8.5	24.8	2.8	1.5	26.4
Tháng 3	Tuần I	17.2	26.3	11.7	3.3	21.9
	Tuần II	19.4	28.4	15.1	9.7	68.5
	Tuần III	19.8	30.3	12.1	134.1	45.4
Tháng 4	Tuần I	16.4	25.2	10.0	7.4	65.2
	Tuần II	19.3	28.5	13.3	29.3	60.5
	Tuần III	23.8	33.0	14.9	0.0	66.3
Tháng 5	Tuần I	20.2	28.1	13.4	47.7	29.9
	Tuần II	21.1	29.0	14.6	56.5	27.4
	Tuần III	22.3	30.3	18.9	154.6	69.4
Tháng 6	Tuần I	24.0	30.0	20.1	118.7	56.7
	Tuần II	23.7	29.6	19.6	32.3	60.1
	Tuần III	24.2	31.0	18.7	104.8	32.2
Tháng 7	Tuần I	24.3	30.8	20.3	27.2	50.1
	Tuần II	24.2	31.4	20.4	52.7	80.5
	Tuần III	24.2	30.8	19.4	70.5	60.8
Tháng 8	Tuần I	23.2	29.9	18.9	132.7	51.4
	Tuần II	23.1	29.2	19.7	203.8	61.8
	Tuần III	23.9	30.5	19.6	146.7	59.9
Tháng 9	Tuần I	22.3	28.7	18.9	164.3	38.1
	Tuần II	22.9	29.4	19.1	101.6	56.0
	Tuần III	20.7	26.7	17.1	139.0	31.3
Tháng 10	Tuần I	20.4	26.0	14.6	64.5	68.7
	Tuần II	18.0	24.0	11.7	3.1	69.1
	Tuần III	18.9	25.9	13.7	2.4	15.6
Tháng 11	Tuần I	17.0	24.5	11.5	0.0	26.3
	Tuần II	20.2	25.7	16.0	2.6	58.2
	Tuần III	20.4	28.0	14.6	18.2	52.6
Tháng 12	Tuần I	13.3	22.2	9.2	1.8	14.2
	Tuần II	11.4	19.7	5.1	2.2	73.0
	Tuần III	11.8	19.5	6.7	13.1	13.2

SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG THÀNH PHỐ ĐIỆN BIÊN NĂM 2023

Tháng	Tuần	Nhiệt độ (Đơn vị °C)			Lượng mưa (Đơn vị: mm)	Giờ nắng (Đơn vị: Giờ)
		Trung bình	Tối cao	Tối thấp		
Tháng 01	Tuần I	16.7	26.7	11.9	-	44.7
	Tuần II	17.8	28.4	13.9	-	49.0
	Tuần III	16.1	28.1	8.5	-	69.0
Tháng 02	Tuần I	21.3	30.6	12.3	7.2	81.3
	Tuần II	20.1	32.0	13.9	-	55.9
	Tuần III	19.5	18.6	11.2	-	55.2
Tháng 3	Tuần I	20.5	31.0	13.9	2.4	53.5
	Tuần II	21.6	32.2	16.1	37.3	52.7
	Tuần III	23.4	33.6	17.8	12.2	73.1
Tháng 4	Tuần I	23.9	34.5	16.8	0	73.8
	Tuần II	26.1	38.4	19.1	0	89.2
	Tuần III	25.4	38.4	18.4	18.3	78.5
Tháng 5	Tuần I	26.9	39.2	23.9	3.2	84.8
	Tuần II	25.9	36.7	22.1	23.5	72.1
	Tuần III	28.2	38.8	26.4	23.5	102.4
Tháng 6	Tuần I	27.9	38.6	22.6	19.4	73.4
	Tuần II	27.3	34.3	23.9	18.2	47.9
	Tuần III	27.6	35.3	23.5	19.1	57.1
Tháng 7	Tuần I	27.6	34.6	26.7	10.8	55.7
	Tuần II	26.5	35.6	24.5	15.9	63.4
	Tuần III	27.0	35.9	25.2	36.0	73.7
Tháng 8	Tuần I	25.0	29.6	22.2	244.4	3.7
	Tuần II	26.7	33.1	23.1	40.6	39.2
	Tuần III	26.2	33.8	22.7	43.0	39.3
Tháng 9	Tuần I	26.3	35.5	23.6	6.8	55.2
	Tuần II	26.2	34.4	24.2	22.3	43.5
	Tuần III	26.6	34.8	24.2	63.1	66.0
Tháng 10	Tuần I	26.5	35.7	20.5	13.9	57.6
	Tuần II	24.0	33.7	18.5	0.7	54.6
	Tuần III	24.5	33.7	19.0	4.0	81.9
Tháng 11	Tuần I	24.8	33.8	22.5	2.8	52.8
	Tuần II	21.6	33.7	21.0	-	59.8
	Tuần III	19.4	32.6	20.9	-	72.8
Tháng 12	Tuần I	22.2	30.9	16.3	23.6	30.6
	Tuần II	22.1	31.3	16.1	-	70.1
	Tuần III	16.3	31.3	8.2	-	71.6



SỐ LIỆU KHÍ TƯỢNG CAO NGUYÊN MỘC CHÂU NĂM 2023						
Tháng	Tuần	Nhiệt độ (Đơn vị °C)			Lượng mưa (Đơn vị: mm)	Giờ nắng (Đơn vị: Giờ)
		Trung bình	Tối cao	Tối thấp		
Tháng 01	Tuần I	12.7	20.5	7.1	1.6	19.5
	Tuần II	12.4	25.5	5.0	3.5	42.7
	Tuần III	10.8	24.2	3.3	3.0	83.4
Tháng 02	Tuần I	22.6	29.8	9.0	4.6	46.7
	Tuần II	21.2	35.7	15.3	0.8	62.1
	Tuần III	18.8	27.0	9.8	0.0	44.2
Tháng 3	Tuần I	16.1	24.1	10.3	2.3	64.4
	Tuần II	18.3	31.0	11.0	1.4	49.5
	Tuần III	20.2	32.4	12.4	11.0	49.3
Tháng 4	Tuần I	21.2	33.2	13.4	1.8	56.2
	Tuần II	23.8	35.3	16.1	2.5	64.1
	Tuần III	23.1	34.5	15.4	37.9	49.8
Tháng 5	Tuần I	25.4	36.3	16.0	20.8	68.5
	Tuần II	23.8	34.6	15.7	5.4	79.0
	Tuần III	26.0	36.2	19.3	85.1	97.8
Tháng 6	Tuần I	24.8	35.3	20.2	121.5	48.9
	Tuần II	24.5	30.5	20.5	220.3	61.8
	Tuần III	24.4	32.2	20.4	78.4	47.0
Tháng 7	Tuần I	26.1	33.5	20.0	78.1	47.9
	Tuần II	24.6	31.4	21.0	51.5	39.8
	Tuần III	25.0	32.6	20.5	10.0	35.2
Tháng 8	Tuần I	22.8	29.6	20.5	135.1	66.2
	Tuần II	23.7	31.3	20.4	90.8	42.1
	Tuần III	23.4	29.7	18.0	59.9	71.0
Tháng 9	Tuần I	23.1	29.1	17.5	29.3	58.2
	Tuần II	22.0	29.0	18.8	125	49.6
	Tuần III	22.3	29.5	18.8	117.7	55.9
Tháng 10	Tuần I	21.8	30.0	17.0	9.8	52.2
	Tuần II	19.3	26.3	15.2	2.0	44.6
	Tuần III	19.4	25.9	15.7	8.9	50.9
Tháng 11	Tuần I	21.1	28.5	14.9	18.7	62.1
	Tuần II	16.1	28.0	9.5	11.3	72.4
	Tuần III	16.5	24.0	9.6	0.0	16.9
Tháng 12	Tuần I	16.7	29.2	11.4	0.0	26.6
	Tuần II	15.8	26.3	7.0	0.0	24.1
	Tuần III	11.6	24.0	2.7	0.0	35.9

## PHỤ LỤC 4: KẾT QUẢ XỬ LÝ SỐ LIỆU THÍ NGHIỆM

3/31/2022 22:23:38 PM

### KET QUUA XU LY SO LIEU VUNG SINH THAI NAM 2021 SON LA - DIEN BIEN

#### General Linear Model: Cao X, Cao M, ... versus Giong, Vung

Factor Type Levels Values

Giong fixed 5 Ja 23, Ja12, Ja35, NBD3, NSL4

Vung fixed 2 Điện Biên, Sơn La

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Cao X

Giong Vung N Mean Grouping

NSL4 Điện Biên 3 150.3 A

NSL4 Sơn La 3 147.7 A

NBD3 Sơn La 3 126.0 B

NBD3 Điện Biên 3 117.0 B

Ja12 Điện Biên 3 97.9 C

Ja 23 Điện Biên 3 97.8 C

Ja35 Điện Biên 3 97.3 C

Ja12 Sơn La 3 93.8 C

Ja 23 Sơn La 3 93.7 C

Ja35 Sơn La 3 93.5 C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Cao X

Giong N Mean Grouping

NSL4 6 149.0 A

NBD3 6 121.5 B

Ja12 6 95.8 C

Ja 23 6 95.7 C

Ja35 6 95.4 C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Cao X

Vung N Mean Grouping

Điện Biên 15 112.0 A

Sơn La 15 110.9 B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Cao M

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
NSL4	Điện Biên	3	158.0	A
NSL4	Sơn La	3	153.0	A
NBD3	Điện Biên	3	127.0	B
NBD3	Sơn La	3	124.0	B
Ja 23	Điện Biên	3	107.8	C
Ja35	Điện Biên	3	107.6	C
Ja12	Điện Biên	3	106.1	C
Ja35	Sơn La	3	97.1	C
Ja12	Sơn La	3	97.0	C
Ja 23	Sơn La	3	96.8	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Cao M

Giong	N	Mean	Grouping
NSL4	6	155.5	A
NBD3	6	125.5	B
Ja35	6	102.4	C
Ja 23	6	102.3	C
Ja12	6	101.6	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Cao M

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	121.3	A
Sơn La	15	113.6	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Nhanh X

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
Ja35	Điện Biên	3	10.7	A
Ja 23	Điện Biên	3	10.0	B
NSL4	Điện Biên	3	9.7	B
Ja12	Điện Biên	3	9.7	B
NBD3	Điện Biên	3	9.7	B
Ja35	Sơn La	3	9.6	B
NSL4	Sơn La	3	9.3	C
NBD3	Sơn La	3	9.3	C
Ja 23	Sơn La	3	9.2	C
Ja12	Sơn La	3	9.2	C

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Nhanh X

Giong N Mean Grouping

Ja35 6 10.1 A

Ja 23 6 9.6 B

NSL4 6 9.5 B

NBD3 6 9.5 B

Ja12 6 9.4 B

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Nhanh X

Vung N Mean Grouping

Điện Biên 15 9.9 A

Sơn La 15 9.3 B

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Nhanh M

Giong Vung N Mean Grouping

Ja12 Điện Biên 3 10.9 A

Ja35 Điện Biên 3 10.8 A

Ja 23 Điện Biên 3 10.8 A

Ja35 Sơn La 3 10.7 A

Ja12 Sơn La 3 9.7 B

Ja 23 Sơn La 3 9.7 B

NBD3 Sơn La 3 9.7 B

NSL4 Sơn La 3 9.3 C

NSL4 Điện Biên 3 9.3 C

NBD3 Điện Biên 3 9.3 C

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Nhanh M

Giong N Mean Grouping

Ja35 6 10.8 A

Ja12 6 10.3 AB

Ja 23	6	10.3	A B
NBD3	6	9.5	B
NSL4	6	9.3	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Nhanh M

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	10.3	A
Sơn La	15	9.8	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL DN X

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
NBD3	Điện Biên	3	31.7	A
Ja35	Điện Biên	3	31.0	A B
NBD3	Sơn La	3	30.7	A B
Ja35	Sơn La	3	30.0	A B C
Ja 23	Điện Biên	3	27.1	B C D
NSL4	Điện Biên	3	27.0	B C D
Ja 23	Sơn La	3	26.2	C D
NSL4	Sơn La	3	26.0	C D
Ja12	Điện Biên	3	25.3	D
Ja12	Sơn La	3	25.0	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL DN X

Giong	N	Mean	Grouping
NBD3	6	31.2	A
Ja35	6	30.5	A
Ja 23	6	26.7	B
NSL4	6	26.5	B
Ja12	6	25.1	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL DN X

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	28.4	A
Sơn La	15	27.6	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL DN M

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
NBD3	Điện Biên	3	31.7	A
NBD3	Sơn La	3	30.7	A
NSL4	Sơn La	3	25.3	B
NSL4	Điện Biên	3	25.3	B
Ja35	Điện Biên	3	24.7	B
Ja35	Sơn La	3	24.0	B
Ja 23	Điện Biên	3	23.1	B
Ja 23	Sơn La	3	22.5	B
Ja12	Sơn La	3	21.7	B
Ja12	Điện Biên	3	21.7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL DN M

Giong	N	Mean	Grouping
NBD3	6	31.2	A
NSL4	6	25.3	B
Ja35	6	24.4	B C
Ja 23	6	22.8	C D
Ja12	6	21.7	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL DN M

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	25.3	A
Sơn La	15	24.8	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL T X

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
NBD3	Điện Biên	3	69.0	A
NSL4	Sơn La	3	66.3	A B
NBD3	Sơn La	3	65.3	A B C

NSL4	Điện Biên	3	64.7	A B C D
Ja35	Sơn La	3	59.3	B C D E
Ja 23	Sơn La	3	57.2	C D E
Ja12	Điện Biên	3	56.7	C D E
Ja 23	Điện Biên	3	56.4	D E
Ja35	Điện Biên	3	55.7	E
Ja12	Sơn La	3	55.7	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL T X

Giong N Mean Grouping

NBD3	6	67.1	A
NSL4	6	65.5	A
Ja35	6	57.5	B
Ja 23	6	56.8	B
Ja12	6	56.2	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL T X

Vung N Mean Grouping

Sơn La	15	60.8	A
Điện Biên	15	60.5	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL T M

Giong Vung N Mean Grouping

NBD3	Điện Biên	3	67.7	A
NSL4	Điện Biên	3	67.0	A
NBD3	Sơn La	3	66.7	A
NSL4	Sơn La	3	64.3	A
Ja35	Sơn La	3	46.7	B
Ja35	Điện Biên	3	46.0	B
Ja 23	Điện Biên	3	45.1	B
Ja 23	Sơn La	3	44.7	B
Ja12	Điện Biên	3	43.0	B
Ja12	Sơn La	3	41.0	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL T M

Giong N Mean Grouping

NBD3 6 67.2 A

NSL4 6 65.7 A

Ja35 6 46.4 B

Ja 23 6 44.9 B

Ja12 6 42.0 B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL T M

Vung N Mean Grouping

Điện Biên 15 53.8 A

Sơn La 15 52.7 B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL CS X

Giong Vung N Mean Grouping

NBD3 Điện Biên 3 89.7 A

NBD3 Sơn La 3 89.3 A

NSL4 Điện Biên 3 87.3 A

NSL4 Sơn La 3 84.0 A B

Ja35 Điện Biên 3 81.7 A B C

Ja35 Sơn La 3 81.0 A B C

Ja 23 Điện Biên 3 73.5 B C D

Ja 23 Sơn La 3 72.1 C D

Ja12 Điện Biên 3 64.3 D

Ja12 Sơn La 3 63.0 D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL CS X

Giong N Mean Grouping

NBD3 6 89.5 A

NSL4 6 85.7 A B

Ja35 6 81.4 B

Ja 23 6 72.8 C



Ja12 6 63.7 D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL CS X

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	79.3	A
Sơn La	15	77.9	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL CS M

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
NBD3	Điện Biên	3	84.0	A
NBD3	Sơn La	3	83.7	A
NSL4	Sơn La	3	82.0	A
NSL4	Điện Biên	3	81.3	A
Ja35	Sơn La	3	74.7	A B
Ja35	Điện Biên	3	74.3	A B
Ja 23	Điện Biên	3	67.3	B
Ja 23	Sơn La	3	65.7	B C
Ja12	Điện Biên	3	56.0	C D
Ja12	Sơn La	3	54.0	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL CS M

Giong	N	Mean	Grouping
NBD3	6	83.8	A
NSL4	6	81.6	A
Ja35	6	74.5	B
Ja 23	6	66.5	C
Ja12	6	55.0	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for CKTL CS M

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	72.6	A
Sơn La	15	72.0	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Bông X

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
Ja35	Điện Biên	3	237.0	A
Ja12	Điện Biên	3	236.3	A
Ja 23	Điện Biên	3	235.4	A
Ja35	Sơn La	3	233.7	A
Ja 23	Sơn La	3	232.1	A
Ja12	Sơn La	3	230.3	A
NSL4	Sơn La	3	228.3	A B
NSL4	Điện Biên	3	221.3	A B C
NBD3	Điện Biên	3	197.3	B C
NBD3	Sơn La	3	192.3	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Bông X

Giong	N	Mean	Grouping
Ja35	6	235.3	A
Ja 23	6	233.7	A
Ja12	6	233.3	A
NSL4	6	224.8	A
NBD3	6	194.8	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Bông X

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	225.5	A
Sơn La	15	223.3	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Bông M

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
Ja35	Điện Biên	3	231.7	A
Ja 23	Điện Biên	3	230.9	A
Ja12	Điện Biên	3	230.7	A

Ja35	Sơn La	3	227.8	A B
Ja 23	Sơn La	3	224.8	A B C
Ja12	Sơn La	3	220.3	A B C
NSL4	Điện Biên	3	215.7	A B C
NSL4	Sơn La	3	214.0	A B C
NBD3	Điện Biên	3	198.7	B C
NBD3	Sơn La	3	193.3	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Bông M

Giong N Mean Grouping

Ja35	6	229.8	A
Ja 23	6	227.8	A
Ja12	6	225.5	A
NSL4	6	214.8	A B
NBD3	6	196.0	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Bông M

Vung N Mean Grouping

Điện Biên	15	221.5	A
Sơn La	15	216.0	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Hat X

Giong Vung N Mean Grouping

NBD3	Sơn La	3	151.7	A
Ja35	Sơn La	3	150.3	A B
NSL4	Sơn La	3	150.0	A B
Ja35	Điện Biên	3	146.3	A B C
NBD3	Điện Biên	3	145.3	A B C
NSL4	Điện Biên	3	143.7	B C
Ja12	Sơn La	3	143.7	B C
Ja 23	Sơn La	3	143.3	B C
Ja12	Điện Biên	3	141.7	C
Ja 23	Điện Biên	3	141.0	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Hat X

Giong	N	Mean	Grouping
NBD3	6	148.5	A
Ja35	6	148.3	A
NSL4	6	146.8	A B
Ja12	6	142.7	B C
Ja 23	6	142.2	C

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Hat X

Vung	N	Mean	Grouping
Sơn La	15	147.8	A
Điện Biên	15	143.6	B

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Hat M

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
NSL4	Sơn La	3	160.0	A
NBD3	Sơn La	3	158.0	A B
Ja35	Sơn La	3	158.0	A B
Ja 23	Sơn La	3	153.0	A B C
Ja35	Điện Biên	3	150.3	A B C
Ja 23	Điện Biên	3	150.0	A B C
Ja12	Sơn La	3	148.7	B C
NBD3	Điện Biên	3	147.0	C
NSL4	Điện Biên	3	145.7	C
Ja12	Điện Biên	3	145.3	C

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Hat M

Giong	N	Mean	Grouping
Ja35	6	154.2	A
NSL4	6	152.8	A B
NBD3	6	152.5	A B
Ja 23	6	151.5	A B
Ja12	6	147.0	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Hat M

Vung	N	Mean	Grouping
Sơn La	15	155.5	A
Điện Biên	15	147.7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for P 1000 X

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
NBD3	Sơn La	3	33.1	A
NBD3	Điện Biên	3	31.9	B
NSL4	Sơn La	3	26.9	C
Ja35	Sơn La	3	26.7	C
Ja 23	Sơn La	3	26.4	C
Ja35	Điện Biên	3	26.4	C
Ja12	Sơn La	3	26.4	C
Ja12	Điện Biên	3	26.3	C
Ja 23	Điện Biên	3	26.2	C
NSL4	Điện Biên	3	26.1	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for P 1000 X

Giong	N	Mean	Grouping
NBD3	6	32.5	A
Ja35	6	26.6	B
NSL4	6	26.5	B
Ja12	6	26.3	B
Ja 23	6	26.3	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for P 1000 X

Vung	N	Mean	Grouping
Sơn La	15	27.9	A
Điện Biên	15	27.4	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for P 1000 M

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
NBD3	Sơn La	3	33.1	A
NBD3	Điện Biên	3	31.4	B
NSL4	Sơn La	3	27.4	C
Ja35	Điện Biên	3	26.4	C D
Ja35	Sơn La	3	26.4	C D
Ja 23	Sơn La	3	26.2	C D
Ja12	Sơn La	3	26.1	C D
Ja 23	Điện Biên	3	26.1	C D
Ja12	Điện Biên	3	26.1	C D
NSL4	Điện Biên	3	25.9	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for P 1000 M

Giong	N	Mean	Grouping
NBD3	6	32.3	A
NSL4	6	26.7	B
Ja35	6	26.4	B
Ja 23	6	26.2	B
Ja12	6	26.1	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for P 1000 M

Vung	N	Mean	Grouping
Sơn La	15	27.8	A
Điện Biên	15	27.2	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for NSTT X

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
Ja35	Sơn La	3	7.5	A
Ja35	Điện Biên	3	7.2	A B
Ja 23	Điện Biên	3	7.0	A B
Ja12	Điện Biên	3	6.9	A B C
Ja 23	Sơn La	3	6.8	A B C
NBD3	Sơn La	3	6.5	B C
Ja12	Sơn La	3	6.4	B C D

NBD3	Điện Biên	3	6.0	C D
NSL4	Sơn La	3	5.6	D
NSL4	Điện Biên	3	5.5	D

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for NSTT X

Giong	N	Mean	Grouping
Ja35	6	7.4	A
Ja 23	6	6.9	A B
Ja12	6	6.6	B C
NBD3	6	6.3	C
NSL4	6	5.6	D

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for NSTT X

Vung	N	Mean	Grouping
Sơn La	15	6.6	A
Điện Biên	15	6.5	B

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for NSTT M

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
Ja35	Sơn La	3	7.1	A
Ja35	Điện Biên	3	6.8	A B
Ja 23	Điện Biên	3	6.6	A B C
Ja 23	Sơn La	3	6.6	A B C
NBD3	Điện Biên	3	6.5	A B C
Ja12	Điện Biên	3	6.5	A B C
NBD3	Sơn La	3	6.4	A B C
Ja12	Sơn La	3	6.0	B C
NSL4	Điện Biên	3	6.0	B C
NSL4	Sơn La	3	5.7	C

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for NSTT M

Giong N Mean Grouping

Ja35 6 6.9 A

Ja 23 6 6.6 A B

NBD3 6 6.4 A B

Ja12 6 6.3 B C

NSL4 6 5.9 C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for NSTT M

Vung N Mean Grouping

Điện Biên 15 6.5 A

Sơn La 15 6.4 B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for TLC/GL X

Giong Vung N Mean Grouping

Ja35 Điện Biên 3 13.8 A

Ja35 Sơn La 3 13.4 A B

Ja 23 Sơn La 3 13.2 A B C

Ja12 Sơn La 3 12.5 A B C D

NBD3 Điện Biên 3 12.3 A B C D

Ja 23 Điện Biên 3 12.2 A B C D E

NSL4 Điện Biên 3 11.9 B C D E

NSL4 Sơn La 3 11.6 C D E

Ja12 Điện Biên 3 11.1 D E

NBD3 Sơn La 3 10.5 E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for TLC/GL X

Giong N Mean Grouping

Ja35 6 13.6 A

Ja 23 6 12.7 A B

Ja12 6 11.8 B C

NSL4 6 11.7 B C

NBD3 6 11.4 C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for TLC/GL X



Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	12.3	A
Sơn La	15	12.2	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for TLC/GL M

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
Ja35	Điện Biên	3	13.7	A
Ja35	Sơn La	3	13.3	A B
Ja 23	Điện Biên	3	13.2	A B
Ja 23	Sơn La	3	12.8	A B C
NBD3	Điện Biên	3	12.7	A B C
Ja12	Điện Biên	3	12.7	A B C
Ja12	Sơn La	3	12.3	A B C D
NSL4	Điện Biên	3	11.7	B C D
NSL4	Sơn La	3	11.3	C D
NBD3	Sơn La	3	10.7	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for TLC/GL M

Giong	N	Mean	Grouping
Ja35	6	13.5	A
Ja 23	6	13.0	A
Ja12	6	12.5	A B
NBD3	6	11.7	B
NSL4	6	11.5	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for TLC/GL M

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	12.8	A
Sơn La	15	12.1	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Phôi SLX

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
-------	------	---	------	----------

Ja35	Điện Biên	3	0.8	A
Ja35	Sơn La	3	0.8	A B
Ja 23	Điện Biên	3	0.8	A B
NBD3	Điện Biên	3	0.7	B C
Ja12	Điện Biên	3	0.7	B C
Ja 23	Sơn La	3	0.7	B C
Ja12	Sơn La	3	0.7	B C
NSL4	Sơn La	3	0.7	B C
NBD3	Sơn La	3	0.7	B C
NSL4	Điện Biên	3	0.6	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Phôi SLX

Giong N Mean Grouping

Ja35	6	0.8	A
Ja 23	6	0.7	B
Ja12	6	0.7	B C
NBD3	6	0.7	B C
NSL4	6	0.7	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Phôi SLX

Vung N Mean Grouping

Điện Biên	15	0.7	A
Sơn La	15	0.7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Phôi SLM

Giong Vung N Mean Grouping

Ja35	Điện Biên	3	0.9	A
Ja35	Sơn La	3	0.8	A B
NBD3	Điện Biên	3	0.8	A B C
Ja 23	Điện Biên	3	0.8	A B C
Ja 23	Sơn La	3	0.8	A B C
Ja12	Điện Biên	3	0.7	B C
Ja12	Sơn La	3	0.7	B C

NSL4	Sơn La	3	0.7	B C
NBD3	Sơn La	3	0.7	B C
NSL4	Điện Biên	3	0.7	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Phôi SLM

Giong	N	Mean	Grouping
-------	---	------	----------

Ja35	6	0.8	A
Ja 23	6	0.8	A B
NBD3	6	0.8	B C
Ja12	6	0.7	B C
NSL4	6	0.7	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Phôi SLM

Vung	N	Mean	Grouping
------	---	------	----------

Điện Biên	15	0.8	A
Sơn La	15	0.7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Vỏ lụa SLX

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
-------	------	---	------	----------

Ja35	Sơn La	3	24.8	A
Ja35	Điện Biên	3	24.7	A
Ja12	Điện Biên	3	24.7	A
Ja12	Sơn La	3	24.5	B
NSL4	Điện Biên	3	24.3	C
NBD3	Điện Biên	3	24.3	C
Ja 23	Điện Biên	3	24.3	C
NBD3	Sơn La	3	24.2	C
NSL4	Sơn La	3	24.1	D
Ja 23	Sơn La	3	24.1	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Vỏ lụa SLX

Giong	N	Mean	Grouping
-------	---	------	----------

Ja35	6	24.8	A
Ja12	6	24.6	B
NBD3	6	24.3	C

NSL4	6	24.2	D
Ja 23	6	24.2	D

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Vỏ lụa SLX

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	24.5	A
Sơn La	15	24.3	B

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Vỏ lụa SLM

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
Ja35	Điện Biên	3	24.9	A
Ja12	Điện Biên	3	24.8	A
Ja35	Sơn La	3	24.8	A
NBD3	Điện Biên	3	24.7	B
NSL4	Sơn La	3	24.6	B
Ja 23	Điện Biên	3	24.6	B
Ja12	Sơn La	3	24.6	B
NSL4	Điện Biên	3	24.5	B C
NBD3	Sơn La	3	24.3	C
Ja 23	Sơn La	3	24.3	C

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Vỏ lụa SLM

Giong	N	Mean	Grouping
Ja35	6	24.8	A
Ja12	6	24.7	A B
NSL4	6	24.6	B
NBD3	6	24.5	C
Ja 23	6	24.4	C

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Vỏ lụa SLM

Vung	N	Mean	Grouping
------	---	------	----------

Điện Biên 15 24.7 A  
Sơn La 15 24.5 B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Amy X

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
Ja35	Sơn La	3	18.9	A
Ja 23	Sơn La	3	18.8	A
Ja35	Điện Biên	3	18.7	A
Ja12	Điện Biên	3	18.7	A
Ja 23	Điện Biên	3	18.6	A
Ja12	Sơn La	3	18.3	A
NBD3	Điện Biên	3	5.0	B
NBD3	Sơn La	3	4.7	B
NSL4	Điện Biên	3	4.7	B
NSL4	Sơn La	3	3.7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Amy X

Giong	N	Mean	Grouping
Ja35	6	18.8	A
Ja 23	6	18.7	A
Ja12	6	18.5	A
NBD3	6	4.9	B
NSL4	6	4.2	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Amy X

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	13.1	A
Sơn La	15	12.9	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Amy M

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
Ja35	Điện Biên	3	18.8	A
Ja35	Sơn La	3	18.7	A

Ja 23	Sơn La	3	18.7	A
Ja 23	Điện Biên	3	18.5	A
Ja12	Điện Biên	3	18.4	A
Ja12	Sơn La	3	18.3	A
NBD3	Điện Biên	3	5.0	B
NBD3	Sơn La	3	4.7	B
NSL4	Điện Biên	3	4.3	B
NSL4	Sơn La	3	3.7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Amy M

Giong N Mean Grouping

Ja35	6	18.8	A
Ja 23	6	18.6	A
Ja12	6	18.3	A
NBD3	6	4.9	B
NSL4	6	4.0	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Amy M

Vung N Mean Grouping

Điện Biên	15	13.0	A
Sơn La	15	12.8	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Li X

Giong Vung N Mean Grouping

Ja35	Sơn La	3	3.0	A
Ja35	Điện Biên	3	3.0	A
Ja 23	Sơn La	3	2.9	A B
Ja 23	Điện Biên	3	2.9	A B
Ja12	Điện Biên	3	2.8	A B C
NBD3	Điện Biên	3	2.7	A B C
Ja12	Sơn La	3	2.6	B C D
NSL4	Điện Biên	3	2.5	C D
NBD3	Sơn La	3	2.5	C D
NSL4	Sơn La	3	2.3	D

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Li X

Giong N Mean Grouping

Ja35 6 3.0 A

Ja 23 6 2.9 A B

Ja12 6 2.7 B C

NBD3 6 2.6 C

NSL4 6 2.4 D

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Li X

Vung N Mean Grouping

Điện Biên 15 2.8 A

Sơn La 15 2.7 B

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Li M

Giong Vung N Mean Grouping

Ja35 Sơn La 3 2.8 A

Ja35 Điện Biên 3 2.8 A

Ja 23 Sơn La 3 2.7 A B

Ja 23 Điện Biên 3 2.7 A B

Ja12 Điện Biên 3 2.6 A B C

NBD3 Điện Biên 3 2.5 A B C

Ja12 Sơn La 3 2.4 B C D

NSL4 Điện Biên 3 2.3 C D

NBD3 Sơn La 3 2.3 C D

NSL4 Sơn La 3 2.1 D

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Li M

Giong N Mean Grouping

Ja35 6 2.8 A

Ja 23 6 2.7 A B

Ja12 6 2.5 B C

NBD3 6 2.4 C

NSL4 6 2.2 D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Li M

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	2.6	A
Sơn La	15	2.5	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Pr X

Giong Vung	N	Mean	Grouping
NSL4 Điện Biên	3	11.5	A
NSL4 Sơn La	3	10.9	A
Ja35 Điện Biên	3	8.5	B
Ja35 Sơn La	3	8.3	B C
Ja 23 Điện Biên	3	8.3	B C
Ja 23 Sơn La	3	8.1	B C
Ja12 Điện Biên	3	7.9	B C
Ja12 Sơn La	3	7.8	B C
NBD3 Điện Biên	3	7.4	B C
NBD3 Sơn La	3	7.2	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Pr X

Giong N	Mean	Grouping
NSL4 6	11.2	A
Ja35 6	8.4	B
Ja 23 6	8.2	B
Ja12 6	7.8	B C
NBD3 6	7.3	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Pr X

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	8.7	A
Sơn La	15	8.5	A



Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Pr M

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
NSL4	Điện Biên	3	11.3	A
NSL4	Sơn La	3	10.7	A
Ja35	Điện Biên	3	8.3	B
Ja 23	Điện Biên	3	8.1	B C
Ja35	Sơn La	3	8.1	B C
Ja 23	Sơn La	3	7.9	B C
Ja12	Sơn La	3	7.7	B C
Ja12	Điện Biên	3	7.7	B C
NBD3	Điện Biên	3	7.2	B C
NBD3	Sơn La	3	7.0	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Pr M

Giong	N	Mean	Grouping
NSL4	6	11.0	A
Ja35	6	8.2	B
Ja 23	6	8.0	B
Ja12	6	7.7	B C
NBD3	6	7.1	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Pr M

Vung	N	Mean	Grouping
Điện Biên	15	8.5	A
Sơn La	15	8.3	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Ory X

Giong	Vung	N	Mean	Grouping
Ja35	Sơn La	3	71.9	A
Ja 23	Sơn La	3	69.0	A B
NBD3	Sơn La	3	66.0	A B C
Ja12	Sơn La	3	65.9	A B C

Ja35 Điện Biên 3 65.1 A B C  
 Ja 23 Điện Biên 3 63.1 B C  
 Ja12 Điện Biên 3 62.6 B C D  
 NSL4 Sơn La 3 61.3 B C D  
 NBD3 Điện Biên 3 60.0 C D  
 NSL4 Điện Biên 3 54.1 D

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Ory X

Giong N Mean Grouping

Ja35 6 68.5 A  
 Ja 23 6 66.0 A B  
 Ja12 6 64.3 A B  
 NBD3 6 63.0 B  
 NSL4 6 57.7 C

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Ory X

Vung N Mean Grouping

Sơn La 15 66.8 A  
 Điện Biên 15 61.0 B

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Ory M

Giong Vung N Mean Grouping

Ja35 Sơn La 3 71.5 A  
 Ja 23 Sơn La 3 65.9 A B  
 Ja12 Sơn La 3 65.7 A B  
 Ja35 Điện Biên 3 63.6 A B C  
 NBD3 Sơn La 3 62.0 B C  
 Ja 23 Điện Biên 3 61.6 B C  
 Ja12 Điện Biên 3 59.9 B C D  
 NSL4 Sơn La 3 57.5 C D  
 NBD3 Điện Biên 3 56.2 C D  
 NSL4 Điện Biên 3 53.2 D

Means that do not share a letter are significantly different.

#### Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Ory M

Giong N Mean Grouping

Ja35 6 67.6 A  
 Ja 23 6 63.7 A B

Ja12 6 62.8 A B

NBD3 6 59.1 B C

NSL4 6 55.4 C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence for Ory M

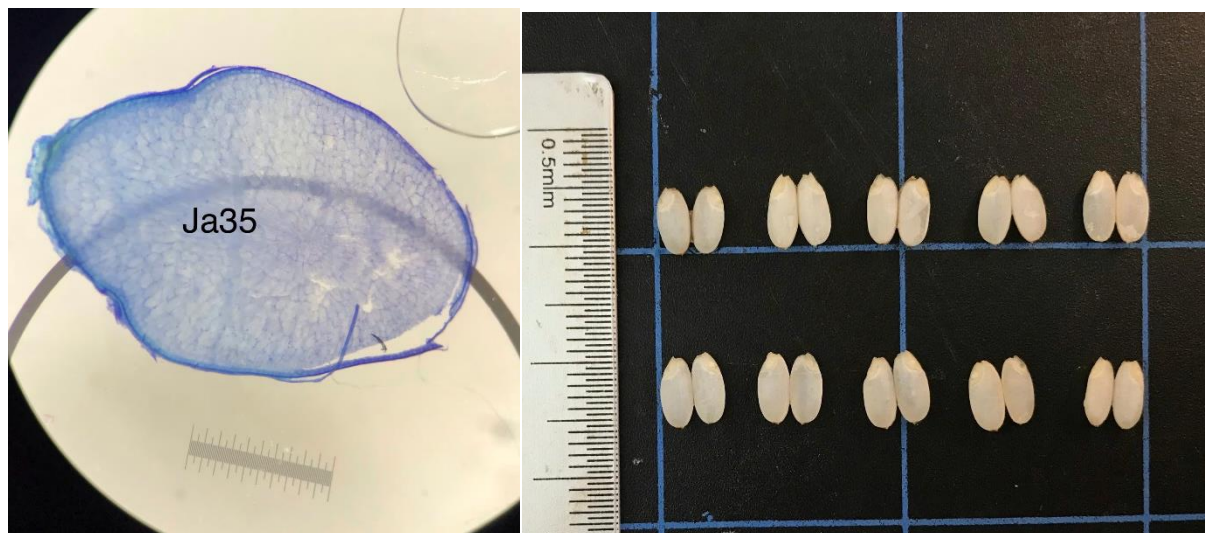
Vung N Mean Grouping

Sơn La 15 64.5 A

Điện Biên 15 58.9 B

Means that do not share a letter are significantly different.

## PHỤ LỤC 5: MỘT SỐ ẢNH TƯ LIỆU THÍ NGHIỆM



*Hình 1: Đánh giá đặc điểm hạt gạo dòng lúa Ja 35*



*Hình 2: Hình thái cây lúa mẫu giống nếp Điện Biên 3 và dòng Ja 35*





*Hình 3: Hạt thóc, hạt gạo lứt mẫu giống nếp Điện Biên 3 và dòng Ja 35*



*Hình 4: Đánh giá ảnh hưởng của vùng sinh thái đối với các dòng, mẫu giống lúa*



*Hình 5: Đánh giá ảnh hưởng của lượng đạm bón đối với các dòng, mẫu giống lúa*



*Hình 6: Đánh giá ảnh hưởng của lượng đạm bón và mật độ cấy đối với các dòng, mẫu giống lúa*