

Лекція № 12

Селекція картоплі. Задачі і основні напрямки селекції.

Завдання і напрямки селекції. Існуючі сорти картоплі не повністю задовольняють вимоги, що до них висуваються. Особливу турботу викликають нестабільність урожайності і її зниження під впливом несприятливих зовнішніх умов, а також у результаті враження хворобами і шкідниками. Тому перед селекцією висувається низка завдань, які можна розділити на загальні, регіональні і специфічні.

Загальне завдання – створення екологічно пластичних, високоврожайних, стійких до хвороб, шкідників і несприятливих умов сортів, з різними строками дозрівання, з високою харчовою цінністю, з гарними смаковими якостями і придатних для механізованого вирощування.

Одне з регіональних завдань – створення фітофторостійких сортів для тих районів України, де ця конкретна хвороба проявляється щорічно і спричиняє великі збитки при вирощуванні картоплі. Друге – створення для південної і східної зони України сортів картоплі, придатних для богарного і поливного землеробства в умовах підвищеної температури ґрунту і повітря, а також двохранайних сортів з коротким періодом спокою клубенів.

До специфічних завдань селекції треба віднести створення сортів, придатних для промислової переробки на харчові напівфабрикати (картопляна крупка, пюре, сушена картопля і ін.) і готову продукцію (чіпси, помфрі, крекери і ін.), а також сортів, що придатні для вирощування з насіння.

У зв'язку з поставленими завданнями розробляються і напрямки селекційної роботи. Створюються високоврожайні сорти, стійкі до фітофторозу, вірусних хвороб, з підвищеним вмістом крохмалю, білку та комплексом інших важливих ознак. Розвиток нових напрямків ускладнило вирішення селекційних програм і поставило вимогу організації проміжного етапу в роботі, зокрема: одержання спеціальних батьківських форм – носіїв окремих цінних ознак або їх сполучень, які відсутні в культурного виду *S. tuberosum* (імунітет до вірусів, фітофторозу, нематоді, колорадському жуку і т.ін.).

Робота по створенню ефективних батьківських форм, так званих напівфабрикатів (донорів) для селекції, проводиться в США, Англії, ФРН, Польщі, Чехії, в Міжнародному центрі по картоплі (Перу), Російській Федерації. В Україні селекція проводиться за всіма важливими напрямками в Інституті картоплярства УААН (сmt. Немішаєво, Бородянський р-н., Київська обл.).

Селекція на високу врожайність і харчову цінність. Рівень урожайності і її стабільність – головні показники цінності будь-якого сорту. Ця ознака полігенна, контролюється багатьма доміантними і рецесивними генами. Їх прояв залежить від сполучення різних генів, а також від зовнішніх умов.

Урожай картоплі з куща визначається числом клубенів і середньою масою одного клубеня. При підборі батьківських пар для схрещування необхідно це враховувати, оскільки відомо, що врожайних гібридів більше серед нащадків від урожайних батьківських форм. Оскільки число позитивних за ознакою врожайності трансгресій незначне (1,5 – 1,6%), добори необхідно проводити на великих по об'єму гібридних популяціях.

Поряд з високою врожайністю сорти повинні характеризуватися підвищеною якістю і покращеним хімічним складом клубенів (протеїну 1,8 – 3,2%, крохмалю 14 – 30%, вітаміну С 20 – 30 мг/100 г).

Селекція на підвищений вміст крохмалю і білка в клубенях. Це одне з найбільш важливих завдань. Обидві ознаки полігенні. Оскільки відмічено позитивний зв'язок між крохмальністю батьківських форм і їх нащадків, можна використовувати за донори висококрохмальні сорти, ретельно підбирати батьківські пари для схрещування і проводити добори позитивних за вмістом крохмалю трансгресій. Можна залучати висококрохмальні види картоплі в схрещування з *S. tuberosum* з наступним проведенням насичуючих реципрокних схрещувань гібридних нащадків.

П.І. Альсмік (Біросуський НДІ картоплярства і плоовочівництва) рекомендує спрямованими міжсортковими схрещуваннями і добором підвищувати крохмальність гібридів *S. tuberosum* до 20 – 23%, а на більш пізніх етапах генетичного покращення картоплі схрещувати їх з *S. demissum* або його нащадками, що підвищує вміст крохмалю до 24 – 28%.

Оскільки між вмістом білку і крохмалю немає негативного зв'язку, можна шляхом підбору батьківських пар для схрещування і добору комбінацій створювати високобілкові (2,5%) і крохмальні (24 – 26%) сорти.

Селекція на скоростиглість і створення двоурожайних сортів. Ранні і середньоранні сорти встигають відповідно за 50 – 60 і 60 – 80 днів з моменту посадки утворювати товарні клубені, тобто вони більш інтенсивні порівняно з середньостиглими, середньопізними і пізними сортами. В сприятливих умовах по врожайності вони можуть перевищувати більш пізні сорти. Ранні сорти задовольняють потреби споживача в літні місяці. Їх можна вирощувати в зайнятих парах.

Найбільший вихід ранньостиглих гібридів встановлено в схрещуваннях ранніх сортів між собою, але вони низьковрожайні. Для створення скоростиглих і врожайних сортів рекомендується схрещувати ранні сорти з середньоранніми і середньостиглими і підбирати батьківські пари виходячи з тривалості періоду росту і інтенсивності накопичення врожаю. Найбільша кількість ранньостиглих сортів (25 – 35%) виходить при схрещуванні батьківських форм з швидким утворенням сходів (15 – 17 днів), коротким (10 – 12 днів) періодом від сходів до утворення клубенів з інтенсивним накопиченням урожаю.

Для одержання скоростиглих сортів застосовують також міжвидову гібридизацію, шляхом схрещування *S. tuberosum* з культурними видами *S. andigenum*, *S. rubinii* Juz. et Buk., *S. phureja*. Два останні види, як такі що не мають періода спокою в клубенів, використовуються при створенні двоурожайних сортів для деяких південних районів України. Ці сорти повинні бути скоростиглими, високоврожайними і мати короткий період спокою клубенів.

Селекція на придатність до промислової переробки. Для одержання різноманітних напівфабрикатів і готової продукції необхідні сорти з відповідними якостями клубенів. При промисловій переробці на чіпси важливий їх біохімічний склад, а саме: більша кількість сухої речовини (більше 20%) і низький вміст редуруючих цукрів (0,1 – 0,3%).

Найбільш раціональний метод перевірки придатності сортів – визначення вмісту редуруючих цукрів на початку і в кінці зберігання і після рекондиціонування, а також виготовлення чіпсів і інших напівфабрикатів у лабораторних умовах.

Найбільший вихід придатних для вказаних цілей форм спостерігається в нащадків від схрещування батьківських пар, що відповідають цим вимогам. Для створення сортів, придатних для промислової переробки на чіпси, необхідно підбирати батьківські форми за фенотипом (забарвленню чіпсів і вмісту редуруючих цукрів), оцінювати нащадків і схрещувати з високоврожайними і висококрохмальними сортами.

Селекція на фітофторостійкість. Хвороба викликається грибом *Phytophthora infestans*. Збудник має багато рас, чисельність яких може збільшуватися в процесі селекційної роботи. Хвороба особливо сильно пошкоджує сорти в зонах з вологим і помірно теплим кліматом.

Створення сортів картоплі з расоспецифічною стійкістю не мало успіху. Всі сорти в умовах виробництва вражалися, оскільки відбувалося поступове накопичення більш вірулентних рас. Дуже важливо слідкувати за тим, щоб на великих площах не накопичувалися сорти з однаковими генами стійкості до фітофторозу. Крім того, необхідно створювати сорти які сполучають надчутливість з польовою стійкістю, тому що перший тип стійкості зменшує первинну інфекцію, а другий - затримує швидкість розповсюдження хвороби в полі.

Селекція на стійкість до вірусів. Це одне з найбільш важких завдань селекції – створення сортів з комплексною стійкістю до вірусних хвороб. Складність полягає в великій різноманітності вірусів і їх штамів, характер прояву яких змінюється в залежності від зовнішніх умов і сортової специфічності. Вирішальне значення тут має вибір вихідного матеріалу, який обґрунтований на знаннях генетичної природи різноманітних типів стійкості і закономірностей їх спадкування.

Селекція на стійкість до раку. Рак картоплі викликається грибом *Synchyrium*

endobioticum і відноситься до небезпечних карантинних хвороб. На території України виявлені чотири біоти́па раку (звичайний і більш агресивні – межгірський, рахівський, буковинський). Усі сорти, що поступають до Державної комісії по сортовипробуванню, повинні бути стійкими до звичайної раси гриба. До неї несприятливі багато селекційних сортів, дикі і культурні види картоплі. Ще недостатньо сортів, стійких до міжгірського і рахівського біотипів раку.

Селекція на стійкість до парші. Хвороба викликається грибом *Streptomyces scabies* і негативно впливає на якості клубенів, їх товарний вигляд. Вражену паршою картоплю не купують тому, що через язви потрапляє вторинна інфекція (гриби, бактерії), які викликають гниття клубенів. При сильному враженні паршою пошкоджуються вічка, що призводить до зменшення схожості, втрат урожаю (до 15 – 20%) і зниження крохмалю в клубенях. Значна частина сортів сприйнятлива до існуючих в природі рас парші.

Найбільш надійний спосіб захисту від хвороби – створення стійких сортів. Старий німецький сорт Гінденбург гомозиготний за стійкістю і при схрещуванні з сприйнятливими сортами дає в нащадків значну кількість стійких форм.

Селекція на стійкість до бактеріальних хвороб. Найбільш шкодочинні з них чорна ніжка і кільцева гниль. Збудники чорної ніжки – *Pectobacterium phytophorum*, *Pectobacterium carotovorum* і інші види бактерій. Джерело інфекції – хворі клубені і заражений ґрунт. Ураження проявляється в загніванні і почорнінні основи стебла, що призводить до загибелі рослини. Заражена бульба загніває і темніє. Кільцева гниль викликається бактеріями *Corynebacterium sepedonicum*. Хвороба викликає зів'янення рослин і гниття бульб, передається при контакті з хворими клубенями або при їх різанні без дезінфекції ножа. Бактерії з хворих клубенів проникають в судинисту систему стебел, а потім молодих бульб і зруйнують її. Втрати можуть становити 20 – 45% і більше. Для створення сортів, які б не хворіли обома хворобами, використовують стійкі сорти, культурні і дикі види картоплі.

Селекція на стійкість до картопляної нематоди. Картоплю пошкоджують два види гельмінта – *Globodera rostochiensis* (жовта) і *Globodera pallida* (біла). Жовта нематода представлена патотипами *Ro1 – Ro5*, біла – *Pa1 – Pa3*. Нематода розповсюджена в усіх країнах з розвинутим картоплярством. Найбільшої шкоди нематода наносить в умовах помірного клімату. В Україні виявлена лише жовта нематода (патотип *Ro1*).

Нематода паразитує на коренях і бульбах картоплі. Самки перетворюються в наповнені яйцями цисти, що представляє джерело зараження. Цисти зберігаються в ґрунті протягом 10 – 17 років, стійкі до несприятливих умов. Враховуючи можливість появи нових рас нематоди, необхідно створювати сорти, які проявляють надчутливість до розповсюдженого патотипу *Ro1* і польовою стійкістю до інших патотипів.

Однак використання стійких сортів призводить до високої мінливості в популяції нематоди і появи нових більш вірулентних патотипів. При постійному вирощуванні стійких сортів їх щільність збільшується, тому на заражених ґрунтах необхідно застосовувати систему захисних міроприємств: 1) не вирощувати насіневу картоплю; 2) дотримуватися сівозміни, щоб картопля поверталася на заражене поле через декілька років, коли популяція нематоди зменшиться; 3) частіше вирощувати ранні сорти картоплі, а там, де його збирають до середини липня, - щорічно, оскільки самки нематоди не встигають до цього часу закінчити цикл розвитку і утворити цисти; 4) проводити ретельний збір клубенів, щоб у ґрунті не залишалося картоплі-самосіву, яка підтримує розвиток популяції нематоди; 5) на сильно заражених нематодою полях застосовувати гербіциди; 6) чергувати вирощування стійких і сприйнятливих сортів з урахуванням інфекційного навантаження, щоб запобігти виникненню нових вірулентних рас патотипа при вирощуванні лише стійких сортів.

Селекція на стійкість до колорадського жука. Одні з найбільш небезпечних шкідників картоплі – *Leptinotarsa decemlineata*, що завезений з Північної Америки в Західну Європу і розповсюдився там в ХХ сторіччі. Його шкодочинність обумовлена великою ненажерливістю жуків і личинок, що поїдають листки.

Імунних до колорадського жука сортів і видів картоплі немає, але відомі форми з різною ступінню стійкості. Види картоплі різняться за придатністю їх для відкладання яєць жуком.

Менше яйцекладок і висока загибель личинок відмічені на рослинах видів *S. tariejense*, *S. chacoense* і ін., сортів з високим вмістом глікоалкалоїдів (Пересвіт). Але необхідно слідкувати за вмістом глікоалкалоїдів у клубнях таких сортів. Більш перспективним напрямком селекції на стійкість до колорадського жука вважають використання в гібридизації диких видів *S. polyadenium* і *S. berthaultii* Hawk., у яких наявні залозові волоски, які обумовлюють зниження чисельності яйцекладок і виживання личинок жука. У деяких зразків *S. berthaultii* відмічено низький вміст глікоалкалоїдів у листках.

Селекція на придатність до механізованого збирання при індустріальній технології вирощування. Для машинного збирання придатні сорти з прямостоячим або дещо розлогим бадиллям., компактним розміщенням гнізда, округлими і овальними клубнями, що мають лускоподібну шкірку і м'якоть з ущільненим розміщенням дрібних клітин. За всіма цими ознаками в процесі селекційної роботи проводиться добір. Гібриди з розкиданим або середньорозкиданим гніздом, довгими столонами бракують, оскільки при збиранні такого куща буде втрачена частка врожаю за рахунок порізаних і роздавлених клубнів. Округлим клубням з лускоподібною шкіркою і щільною м'якоттю надається перевага, оскільки вони більш стійкі до механічних ушкоджень і швидко утворюють перидерму на ранах. Крім того, для застосування індустріальної технології важливо створення сортів з прискореними темпами розвитку, особливо в період росту (так званою стартовою інтенсивністю), і підвищеною потужністю куща (без зниження клубнеутворення), що має значення для підсилення їх здатності активно протидіяти бур'янам.

Селекція на стійкість до екстремальних умов зовнішнього середовища. В Україні періодично складаються екстремальні умови, що викликають загибель бадилля (пізні приморозки весною до $1 - 1,5^{\circ}\text{C}$, сильна жара при вирощуванні на півдні).

Для створення холодостійких сортів можна використовувати дикі види, які витримують приморозки до $3 - 7^{\circ}\text{C}$ протягом 6 – 8 год. Для створення жаростійких сортів використовують стійкі до перегріву види картоплі, в яких білок скіпається при температурі більше 58°C .

Селекція на створення форм, придатних для генеративного розмноження. Інтерес до розмноження картоплі насінням пов'язаний з відсутністю або дефіцитом посадкового матеріалу, його враженням у процесі вегетації хворобами і шкідниками, що викликають зниження врожайності і погіршення якості клубнів.

Розмноження картоплі генеративним шляхом має низку переваг перед її розмноженням клубнями: 1) високий економічний ефект за рахунок зниження витрат на насіння в 10 – 14 разів, звільнення площі ґрунту і площі картоплесховищ, економія клубневого матеріалу і зниження витрат на його транспортування; 2) відсутність зараженості справжнього насіння збудниками вірусних, грибкових і бактеріальних хвороб; 3) можливість популяції рослин різноманітних генотипів ефективно протидіяти небезпечним хворобам порівняно з популяцією рослин одного генотипу; 4) насіння може зберігатися при кімнатній температурі 4 – 5 років, а при низькій – до 20 років; 5) витрати насіння на 1 га 100 – 150 г, з 1 га фертильного сорту можна одержати до 150 кг насіння, що достатньо для забезпечення насінєвим матеріалом площі посіву 1 – 1,5 тис. га.

В нашій країні цей метод, хоча ним і займалися, починаючи з 30-х років минулого століття, не одержав розповсюдження в виробництві в зв'язку з слабким початковим розвитком рослин, високою засміченістю бур'янами, нестабільністю за низкою господарсько цінних ознак (форма і забарвлення клубнів, довжина столонів і ін.) і низькою врожайністю при використанні насіння від самозапилення в умовах двохрічної культури картоплі.

Для одержання високих урожаїв рекомендується використовувати гібридні популяції від інтерплідних або інших типів схрещування з застосуванням розсадної культури (в США – сорт Експлорер) або двохрічної схеми вирощування картоплі (в Китаї, В'єтнамі). Ці популяції повинні бути фенотипічно одноманітними за формою і забарвленням клубнів, стійкими до хвороб і шкідників і по врожайності на рівні кращого батьківського компонента або перевищувати його. Тому необхідні батьківські форми, досить гомозиготні за такими ознаками, як форма клубеня і глибина вічок, щоб утворювати одноманітних нащадків, стійкі до хвороб, з високою комбінаційною здатністю. Материнські форми повинні мати чоловічу

стерильність або самонесумісність і мати рясний цвіт. Одержання високогетерозисних нащадків пов'язують з підвищенням його гетерозиготності (в трьохвидової популяції врожайність на 44% вища, ніж у двохвидової). Тому, одна з вимог до батьківських форм – достаня генетична різноманітність.

Вихідний матеріал

Сорти української і іноземної селекції, створені на основі виду *S. tuberosum*, мають низку позитивних ознак (висока врожайність і крохмальність, гарні смакові якості), але вони нестійкі до небезпечних хвороб, шкідників і стресових чинників середовища. Тому в 20-ті роки минулого століття розпочалися пошуки джерел таких ознак. Після низки експедицій М.І. Вавілова, С.М. Букасова, С.В. Юзепчука і інших дослідників на батьківщину картоплі в Америку, які були організовані в 1925 – 1927 рр. і пізніше, колекція ВІР поповнилася великим числом диких і культурних видів, що стали донорами багатьох позитивних ознак, які відсутні в *S. tuberosum*. У країнах Південної Америки були відкриті культурні аборигенні види картоплі, що з давніх часів вирощувалися індіанцями, наприклад *S. phureja*, *S. rubinii*, і безліч диких видів. У Північній Америці знайдені лише дикі види.

Відомо біля 150 диких і 20 культурних видів картоплі, багато з них добре вивчені. Так, *S. commersonii* стійкий до раку (агресивних біотипів), парші звичайної, чорної ніжки, вірусів А і У, стеблової нематоди, колорадського жука, заморозків, має підвищений вміст крохмалю і сирого протеїну.

Найбільш інтересні для селекції види картоплі входять у серії *Tuberosa*, *Andigena*, *Transaequatorialia*, *Acaula*, *Glabrescentia*, *Commerstoniana*, *Demissa*, *Longipedicellata*, *Holyadenia*, *Pinnatisecta*. Всі види, які вносяться до північноамериканських серій, стікі до фітофторозу, але в селекції частіш за все використовується вид *S. demissum*, оскільки він добре схрещується з *S. tuberosum*.

Форми, імунні до вірусу Х, знайдені у видів *S. acaule*, *S. punae*, *S. schreiteri* Buk., *S. tarijense*, до вірусів У і А – у видів *S. stoloniferum*, *S. chacoense*, *S. commersonii*.

До вірулентних рас раку стійкі окремі форми *S. andigenum*, майже всі форми *S. acaule*.

Несприйнятливі до парші дикі види зустрічаються серед серій *Glabrescentia* і *Commerstoniana*.

Вихідним матеріалом, який стійкий до бактеріальних хвороб, можуть бути культурні диплоїдні види *S. phureja*, *S. rubinii*, *S. stenotomum* Juz. et Buk., *S. goniocalyx* і дикі види *S. acaule*, *S. chacoense* і ін.

Як джерела стійкості до нематоди представляють інтерес тетраплоїд *S. andigenum*, дикі види *S. oplosense*, *S. spagazzinii* і ін.

Для створення морозостійких сортів рекомендується використовувати дикі види, бадилля яких витримує приморозки до 3 – 7⁰С протягом 6 – 8 год. Такі види входять до серії *Aculata*, *Transaequatoalia*, *Commerstoniana* і ін.

При створенні сортів, стійких до підвищених температур, мають значення види картоплі, які стійкі до перегріву, в яких білок скіпається при температурі вище 58⁰С, наприклад *S. chacoense*, *S. demissum* і ін.

За вихідний матеріал використовують також українські і іноземні сорти, з видатною врожайністю, стійкістю до хвороб, з високою якістю крохмалю, з низкою позитивних ознак, що передаються нащадкам. У селекції на високу крохмальність використовують сорти Бертита, Октябрьонок, Верба, Сотка; в селекції на скоростиглість – Рання роза, Приєкульський ранній, Кобблер, Каскад; в селекції на стійкість до фітофторозу – Аквіла, Апта, Влтава, Грета, Делос, Епока і низку інших; до вірусу Х – Асока, Амаріл, Олев і ін., вірусу У – Датура, Бізон, Фаналь і ін., до раку (вірулентних біотипів) – Єкатерининський, Смена, Хілла, Темп і ін., до нематоди – Ректор, Сагітта, Спекуля, Протон, Паїста, Венстер, Кобра і ін.

В селекції на придатність до промислової переробки використовують сорти Дезіре, Ласточка, Сатурна, Істрінський, Раменський.

Методи створення вихідного матеріалу для селекції

Добір. Це основний метод створення вихідного матеріалу картоплі. На ранніх етапах селекційного процесу проводять негативний добір сіянців (F1), на більш пізніх – позитивний

фндивідуальний або масовий добір клонів за комплексом господарсько цінних ознак. Добір сіянців проводять у нащадків від самозапилення сортів або гібридів (внутрішньо- або міжвидових). Так у США в XIX столітті був створений сорт Рання роза.

Головним методом спрямованого створення вихідного матеріалу є гібридизація.

Внутрішньовидова гібридизація. Наукова селекція картоплі в Україні розпочата на початку минулого століття, коли стали створюватися за державні і земські кошти дослідні станції. Міжсортними схрещуваннями між інтродукованими з різних країн сортами картоплі були одержані перші українські сорти, які мали високу врожайність і відносну стійкість до низки хвороб. Але подальша гібридизація між сортами *S. tuberosum* ssp. *europaeum* не мала успіху, оскільки нащадки від таких схрещувань були нестійкими до хвороб і шкідників. Після створення міжвидовою гібридизацією нових сортів *S. tuberosum* ssp. *hybridum* знову стало можливим одержання високоврожайного, відносно стійкого до хвороб вихідного матеріалу.

Міжсортна гібридизація до цього часу широко використовується для створення сортів картоплі в Україні, Російській Федерації, Білорусі, Англії, Франції, Угорщині і інших країнах. При використанні даного метода важливі правильний підбір компонентів схрещування і одержання великого об'єму гібридних популяцій для спрямованого добору клонів з бажаними господарськими ознаками.

Міжвидова гібридизація. Цей метод створення вихідного матеріалу для селекції картоплі почав широко використовуватися на початку 30-х років минулого століття. До схрещувань залучалися дикі і культурні види картоплі, стійкі до різноманітних хвороб. Наприклад, вид *S. demissum* використовували для створення фітофторостійких сортів. Достатньо широко застосовується в селекції на підвищення крохмальності і польової стійкості до фітофтори і нематод вид *S. andigenum*.

Міжвидова гібридизація утруднена в результаті несхрещуваності багатьох видів з сортами і сильного домінування небажаних ознак диких видів у гібридних нащадків (довгі столони, дрібні бульби, поганий смак і ін.). Щоб позбутися цих небажаних ознак, використовують насичуючі схрещування.

Метод насичуючих схрещувань. Сутність насичуючих схрещувань полягає в проведенні одноразових або багаторазових схрещувань кращих відібраних міжвидових гібридів F₁ з сортом-рекурентом, який беруть за батьківську або материнську форму. Сорти картоплі можуть бути різними, оскільки насичуючі схрещування проводяться на рівні видів. Серед одержаних гібридів BC₁ добирають форми з найбільшим проявом позитивних ознак і, при необхідності проводять ще одне (BC₂) або декілька насичуючих схрещувань (BC₃, BC₄ і т.д.). Безперервне насичуюче схрещування застосовують при передачі моногенної домінантно спадкової ознаки при наявності надійних морфологічних маркерних ознак для визначення гібридних рослин. Якщо ознака контролюється рецесивними або множинними генами проводять переривчасте насичуюче схрещування. Бажані гібридні рослини добирають в F₂ і повторно схрещують з кращими рослинами рекурентного сорту. В випадку передачі кількісної ознаки нащадків від кожного насичуючого схрещування можна вирощувати до одержання ліній F₃. Якщо успадкування ознаки низьке і вона визначається полігенно, треба мати великі популяції F₂ і F₃. Для одержання високогетерозисних форм буває достатньо одного-двох насичувань – успіх залежить від конкретного дикого виду і рекурентного сорту. Цей метод широко використовується в багатьох країнах.

Для подолання несхрещуваності видів з сортами використовують різноманітні методи – посередника, запилення сумішню пилку, але відомі і більш результативні.

Якщо від форми-донора необхідно передати дві або більше ознак, це зазвичай краще вдається при роздільній передачі кожної з них. Після завершення обох програм насичення ознаки можна об'єднати схрещуванням між собою відновлених форм.

Використання насичуючих схрещувань в селекції картоплі вимагає виконання трьох умов: 1) повинен існувати гарний рекурентний сорт, який необхідно покращити за однією або небагатьма ознаками; 2) повинні існувати батьки-донори, які мають ознаки, яких не вистачає рекурентному сорту; бажано, щоб кожна з цих ознак визначалася одним або небагатьма генами; 3) число насичуючих схрещувань повинно бути достатнім для відновлення

рекурентного сорту.

Специфічні переваги насичуючих схрещувань полягають у наступному: 1) оскільки покращення проводиться поетапно, попередні досягнення не втрачаються; 2) проведення селекційної програми може не залежати від умов зовнішнього середовища; 3) немає необхідності випробовувати одержані сорти; 4) дають змогу швидко досягати мети; 5) не потребують великого числа рослин; 6) одержані результати можна передбачати; 7) можливе повторення селекційної програми з таким самим результатом. Насичуючі схрещування найбільш результативно застосовують при створенні сортів, які стійкі до хвороб.

Експериментальна поліплоїдія. Даний метод застосовують для перводу картоплі на більш високий рівень плоїдності і стимулювання їх схрещуваності з культурними сортами. Це проводять з використанням 0,4%-ного водного розчину колхіцину двома способами: капельним, коли колхіцин наносять на точку росту в фазі розвернутих сім'ядолей, і шляхом замочування насіння до появи корінців довжиною 2 мм.

Експериментально одержані автотетраплоїди (з диплоїдів) або октоплоїди (з аллотетраплоїдів) схрещують з *S. tuberosum*. При цьому долається несхрещуваність, яка обумовлена відмінностями за рівнем плоїдності. Одержані поліплоїдні форми багатьох видів картоплі, що представляють інтерес для селекції, і деякі з них (*S. acaule*, *S. stoloniferum*, *S. chacoense* і ін.) залучені в гібридизацію з культурними сортами.

Диплоїдні сорти використовують у схрещуваннях з допомогою амфідиплоїдії. Більшість з них досить успішно утворюють між собою диплоїдні гібриди F1. Потім їх колхіцинують і схрещують з сортами, наприклад (*S. vernei* x *S. chacoense*) x *S. tuberosum*. В результаті одержують трьохвидові гібриди (3F1), які можна залучати в наступну гібридизацію з сортами, як батьківські або материнські форми, оскільки вони фертильні. З допомогою поліплоїдних форм одержані сорти-гібриди Бізон, Сафір, Грацилія, Біла ніч, Пересвіт.

Експериментальна гаплоїдія. Метод створення вихідного матеріалу ґрунтується на здатності культурних диплоїдних видів індукувати утворення дигаплоїдів в результаті гаплопартеногенезу у тетраплоїдних сортів і видів при запиленні останніх пилюком диплоїдів.

Перші дигаплоїди одержані Е.В. Івановською в 1939 р. при схрещуванні *S. tuberosum* x *S. rubinii* ($2n = 24$). В теперішній час для створення дигаплоїдів *S. tuberosum* і *S. andigenum* їх схрещують з культурними диплоїдними видами *S. phureja*, *S. rubinii*, *S. stenotomum* і іншими, але з використанням спеціально підібраних диплоїдних форм, які мають маркерні ознаки. Дигаплоїди можна одержувати і спрямованою дією хімічними реагентами, опроміненням пилюку, затримкою запилення, з культури пиляків.

Дигаплоїди одного сорта сильно варіюють за низкою господарсько корисних ознак (урожайність, число і крупність бульб, забарвлення квіток, стебел і клубенів, темп розвитку і ін.) і часто мають стерильний пилюк (дія S-алельної системи), тому в гібридизації використовуються в основному як материнські форми, але поодинокі дигаплоїди відрізняються фертильністю. Вони гарно схрещуються з диплоїдними дикими і культурними видами і використовуються для переносу від останніх у диплоїдні гібриди генів, які контролюють позитивні ознаки. Оскільки вірогідність добору домінантних гомозигот при самозапиленні гібридів на диплоїдному рівні більша, ніж на тетраплоїдному, увагу селекціонерів привертає можливість роботи на диплоїдному рівні.

Селекція на гетерозис. У картоплі встановлено прояв ефекта гетерозису, особливо при міжвидових схрещуваннях сортів з культурним тетраплоїдом *S. andigenum*, дигаплоїдними гібридами і диплоїдними видами. В Канаді при вивченні гібридних нащадків від схрещування *S. tuberosum* x *S. tuberosum* ($T \times T$), *S. tuberosum* x *S. andigenum* ($T \times A$), *S. tuberosum* x диплоїдні гібриди ($4x \times 2x$) був виявлений гетерозис за загальною врожайністю в комбінаціях $T \times A$ і $4x \times 2x$, і відмічена його відсутність в комбінації $T \times T$.

Гетерозис у схрещуваннях типу $4x \times 2x$ обумовлений функціонуванням у диплоїдних форм нередукованих ($2x$) гамет, що виникають в результаті мейотичної ядерної реституції (відновлення). Ядерне відновлення, яке призводить до утворення ядер з нередукованим числом хромосом, може відбуватися при порушеннях як у першому поділі мейозу (FDR-гамети), так і в другому (SDR-гамети). Ці типи ядерного відновлення істотно різняться за

характером і генетичними наслідками.

При утворенні FDR-гамет у першому поділі відсутня редукція хромосом, відбувається поділ центромер, спостерігається виникнення паралельних веретен в анафазі II мейоза, яке контролюється гомозиготним рецесивним геном **psps**, і в нередуковані мікроспори потрапляють сестринські хроматиди. Такі гамети в значній мірі подібні одна одній і на 80% передають нащадкам генотип батьківської форми. При утворенні SDR-гамет в першому поділі мейоза відбувається редукція хромосом, в результаті чого в нередуковані мікроспори потрапляють гомологічні хромосоми. SDR-гамети більш гетерогенні, в них втрачається значна частка неалельних взаємодій, вони передають генотип батьківської форми лише на 40%.

Нашадки від схрещування $4x \times 2x$ з участю FDR-гамет на 30 – 50% перевищують по врожайності нащадків від схрещування $4x \times 2x$, але з участю SDR-гамет. У схрещуваннях типу $2x \times 4x$ гетерозис ґрунтується на тому ж принципі виникнення нередукованих FDR-гамет лише в клітинах мегаспор. Продукуюча такі гамети батьківська форма зветься *дипландроїдом*, а материнська – *диплогіноїдом*. Подібні гамети знайдені у видів серії *Commersoniana*, *Coneoalata*, *Megistacroloba*, *Tuberosa*, *Pinnatisecta*.

Крім того, в диплоїдів і вторинних дигаплоїдів знайдені мутантні десинаптичні форми, в метафазі I яких утворюються лише уніваленти, які дають в анафазі II діаду $2x$ -гамет, що повторюють на 100% генотип диплоїдної батьківської форми. Такий механізм порушення поділу мейоза контролюється гомозиготним рецесивним геном **dsds**; життєздатні лише гамети, що одержані при дії механізму FDR (гамети FDR-S_y).

Опрацьовано декілька схем селекції картоплі з використанням гетерозиса.

$4x \times 2x$ FDR – однонаправлена статева поліплоїдизація у диплоїдних гібридів-запилювачів (*дипландроїд*). У таких схрещуваннях в США перевищення врожайності гетерозисних популяцій порівняно з батьківськими формами становило від 7 до 29%.

$2x$ FDR \times $2x$ FDR – двохстороння статева поліплоїдизація у диплоїдних видів.

$2x$ FDR \times $4x$ – однонаправлена статева поліплоїдизація самонесумісних материнських диплоїдних форм (диплогіноїд).

$2x$ FDR \times $2x$ FDR – двохстороння статева поліплоїдизація (десинаптичні форми) вторинних дигаплоїдів (мал. 44) стор. 427. Така схема вважається в США найбільш перспективною в селекції картоплі на гетерозис. Ефективність її залежить від ступеня генетичних відмінностей двох диплоїдних гібридів.

Мутагенез. У картоплі можуть виникати як генеративні, так і вегетативні (соматичні) мутації. Вони виникають спонтанно або під впливом мутагенних чинників. Спонтанні вегетативні мутації представляють в основному зміни забарвлення клубенів і квіток, пігментації листових пластинок, їхньої форми, розмірів. Господарсько цінні мутації при цьому виникають дуже рідкісно. Відомі сорти, які були відібрані в посівах як мутантні форми: Рассвет, Бербанк, Ред Варба і ін

Індуковані мутанти картоплі одержують при використанні іонізуючого опромінення (гамма- і рентгенівське опромінення, швидкі нейтрони) і хімічні речовини (етіленімін і ін.). Обробляють насіння, бульби, вічка, паростки. Кількість і спектр мутацій залежать як від об'єктів обробки і їх фізіологічного стану, так і від виду мутагена, його дози, потужності і експозиції. Критичні значення дози опромінення для клубенів нижче, ніж для насіння, для наклюнутого насіння нижче, ніж для сухих. Дія гамма-опромінення більш жорстка, утворює більше хромосомних порушень, ніж інші види опромінення і хімічні мутагени. Найбільше число господарсько цінних ознак одержують при використанні швидких нейтронів. Найбільший вихід позитивних мутацій спостерігається при опроміненні гамма-променями насіння картоплі в дозі 150 Гр, на клубені – в дозі 40 – 60Гр.

Інбридинг. Це основний метод створення вихідного матеріалу гомозиготних ліній. Однак у картоплі він утруднений через стерильність багатьох сортів і неможливості одержати нащадків від їх самозапилення. У фертильних сортів уже в другому поколінні різко зменшується врожай клубенів і знижується здатність до ягодоутворення. Від схрещування інбредних ліній не одержано жодного високоврожайного сорту. З використанням інбридингу були виділені гомозиготні по скоростиглості лінії. Вони залучені до гібридизації і з їх участю

створені скоростиглі сорти (Варба і ін.).

Клітинна селекція. Даний метод також дає змогу одержувати різноманітний вихідний матеріал для добору і наступної селекційної роботи.

Культуру тканини, як метод створення вихідного матеріалу для селекції, спочатку передбачалося використовувати для покращення старих сортів, які мають окремі недоліки. В процесі роботи стало зрозуміло, що рослини-регенеранти (протоклони, соматклони) утворюють мінливість по великому числу ознак, інколи перевищуючи за їх значенням вихідні сорти.

Такий широкий спектр мінливості пояснюється не лише накопиченням точкових мутацій і хромосомних аберацій в процесі вегетативного розмноження картоплі. Він виникає також при культивуванні популяції протопластів, клітин або калусних експлантантів у селективних умовах, під впливом стимуляторів росту, в результаті соматичного кросинговеру.

В результаті вирощування на селективних середовищах одержані протоклони картоплі, стійкі до токсинів гриба *Alternaria solani*, раси 1, 2, 3, 4, фітофтори, парші звичайної, а також регенеранти з калусних експлантантів, що стійкі до токсину кільцеватої гнилі.

Метод злиття протопластів дає змогу створювати соматичні гібриди між окремими видами картоплі, коли виникнення їх статевим шляхом неможливе. Так, в Канаді слиттям протопластів одержані гібриди між видами *S. tuberosum* і *S. brevidens*.

Технологія селекційного процесу

Техніка схрещування і одержання насіння. Найбільший відсоток утворення насіння дають схрещування при рясній кількості пилку, який необхідно по можливості заготувати перед запиленням або заздалегідь. Для цього квітки з зрілими пиляками збирають вранці, підсушують протягом 5 – 6 год. у тіні, потім пилок з них витрушують на чорне скло або глянцева папір, злегка вдаряючи препарувальною голкою по колонці пиляків. При великому об'ємі схрещувань для виділення пилку використовують механічні вібратори (наприклад, електричний дзвоник). Пилок висипають у пробірку, закривають пробкою, етикують, і зберігають у холодильнику при 3 – 6⁰С.

При жаркій погоді запилення проводять вранці і ввечері, у пасмурну – в будь-який час доби. Ввечері відсоток вдалих схрещувань збільшується вдвічі порівняно з раннішими годинами.

Схрещування з попередньою кастрацією пиляків застосовують при генетичних дослідженнях, ізоляцію кастрованих квіток – при роботі з дикими видами. В практичній селекції запилення проводять без кастрації і ізоляції напіввідкритих квіток, у день їх відкриття і наступного дня. В суцвітті залишають п'ять-сім квіток. Запилюють по 50 – 100 квіток кожної комбінації декількома способами: з використанням учнівського пера, вмочивши приймочку маточки в пилок, з допомогою скляної трубочки або відрізаного гусячого пера з поршнем всередині для виштовхування пилку.

Для збільшення відсотка утворення ягід використовують метод декаптації стебел, що полягає в наступному: в полі зрівають верхівки стебел висотою 50 – 70 см з квітконосами, поміщають їх у проточну воду або живильну суміш в спеціальному будиночку (затіненому, але добре освітленому, обтягнутому марлею для створення підвищеної вологості) і запилюють. На утворені ягоди, щоб їх не втратити, навівають марльову торбинку, туди ж кладуть етикетку з номером комбінації. Дозарюють ягоди в приміщенні при 10 – 15⁰С і вологості 50 – 60%, потім насіння виймають вручну, відмивають, підсушують і висипають у пакети. Всі результати схрещування заносять у спеціальний журнал, де відмічають порядковий номер, комбінацію схрещування, число запилених квіток, утворених ягід, дату, місце схрещування (поле, марлева теплиця, декаптаційний будиночок), час (ранок, вечір). На етикетці, яку прив'язують до цвітоноса, пишуть лише номер схрещування і число запилених квіток.

Вирощування сіянців. Селекційні установи вирощують щорічно велику кількість сіянців (40 – 45 тис.). Частина насіння висівають в зимовий час у спеціально підготовлені торфоперегнійні кубики розміром 1 x 1 x 1 см, або наклеюють на фільтрувальний папір на відстані 0,7 см в рядку і 4 см між рядками. Всі зразки відповідним чином розміщують по

комбінаціях і зберігають до весни при температурі 3 – 5⁰С.

Весною кубики переносять у теплицю, зволожують і через 10 днів разом з рослинами пересаджують у звичайні торфо–перегнійні кубики 7 x 7 x 7 см (при вирощуванні в полі) або пластмасові горшечки (при горшечній культурі).

Папір з наклеєними насінинами весною вкладають у кювету з зволоженою сумішшю землі і торфу, зверху присипають шаром торфу 0,3 – 0,5 см.

Велику частину насіння висівають в третій декаді квітня в посівні ящики або пластмасові кювети з ґрунтом на глибину 0,5 см. Розсаду сіянців для польової культури пікірують у торфоперегнійні кубики 7 x 7 x 7см, потім висаджують у полі.

Оптимальний строк висадки розсади в полі – перед появою у них п'яти – семи справжніх листків (через 45 – 55 днів після посіву). Посадку проводять розсадопосадковою машиною по схемі 70 x 70 см з поливом. За сіянцями проводять відповідний догляд (рихлення, знищення бур'янів, окучування і т.д.).

Схема селекційного процесу. Вона передбачає використання наявного і створення нового вихідного матеріалу, проведення оцінок і добір кращих батьківських форм, сіянців, гібридів, клонів у розсадниках.

Розсадник батьківських форм. Тут у горшечній культурі вирощують дикі і культурні види картоплі в полі або теплиці, селекційні і місцеві сорти, кращі гібриди. В полі батьківські форми висаджують з площею живлення 70 x 70 або 70 x 35 см по 20 – 40 клубенів кожної форми. В літній плівко-марлевій теплиці розміщують 100 – 110 зразків по 10 рослин кожного в рядку. В теплиці достатньо зволожено, рослини там витягуються, їх підв'язують до кілків. Обов'язково проводять прочистку від хворих рослин і домішок. У розсаднику батьківських форм виконують усі схрещування. В теплиці відсоток утворення ягід вищий, ніж у полі.

Розсадник сіянців першого року. В ньому вирощують сіянці з насіння. Кожен сіянець вивчають окремо. Проводять негативний добір. Весною перед пікіривою сіянці оцінюють на польову стійкість до фітофтори шляхом масового зараження і добору несприйнятливих форм. В період викопування бульб проводять їх браковку за наступними ознаками: довгі столони, синє забарвлення клубенів, ураження фітофторою і паршою. Кращі кущі інколи добирають повністю або від усіх беруть по одній бульбі, погані вибраковують. Відібрані гібриди поступають у наступний розсадник.

Розсадник окремих клубенів. Кожен гібрид тут представлений однією бульбою, їх висаджують по комбінаціях ярусами по 10 в рядку. В період вегетації проводять фенологічні спостереження (сходи, цвітіння, відмирання бадилля), врахування враження листків хворобами. Гібриди оцінюють по типу куща, формі, забарвленню кожуре і м'якоті клубеня, глибині вічок, числу клубенів, компактності гнізда, враженості клубенів хворобами. Від сумнівних гібридів добирають по одному клубеню для повторного використання в цьому розсаднику, а кращі поступають у розсадник гібридів другого року. Бракують до 90% зразків.

Розсадник гібридів другого року (клони першого року). Гібриди висаджують однорядковими ділянками з числом клубенів, кратним 5 (10, 15 і т. д. в залежності від наявності матеріалу). Через кожні 20 – 50 гібридів розміщують ділянки стандартних сортів. До оцінок, що проводилися в попередньому розсаднику, додають наступні: врожайність, скоростиглість (викопують по два куща через 60 – 65 днів після посадки), вміст крохмалю, розмір клубеня. Вибраковують до 70% гібридів.

Розсадник попереднього випробування. Гібриди висаджують одно-двохрядковими ділянками по 60 – 180 клубенів в одно-двохрядному повторенні.

Гібриди і стандартні сорти розміщують по групах стиглості. Підрахунки і спостереження ті ж самі, що і в попередньому розсаднику. Додатково оцінюють гібриди за товарністю клубенів, їх столовими якостями (смак, потемніння м'якоті), вмісту сирого протеїну (при селекції на цю ознаку), стійкістьбадилля до фітофтори методом штучного зараження, стійкості до раку, нематоди.

Розсадник основного випробування. Випробування проводять 1 – 2 роки. Гібриди висаджують на одно-чотирьохрядкових ділянках по 30 – 60 клубенів в рядку у чотирьохразовому повторенні. Стандартні сорти і гібриди розміщують по групах стиглості

через 8 – 10 зразків. Спостереження і підрахунки ті ж, що і в попередньому розсаднику. Гібриди додатково оцінюють за польовою стійкістю листків і клубенів до фітофторозу (лабораторним методом, при розвитку хвороби до розміру епіфітотії – в полі), через 2 роки дають середню оцінку ступеня враження. Матеріал з цього розсадника поступає в конкурсне сортовипробування, розсадник селекційного розмноження, екологічне і динамічне випробування.

Конкурсне випробування. Перспективний селекційний матеріал випробовується протягом 3 років за методикою державного сортовипробування. Ділянки чотирьохрядкові по 50 клубенів у рядку в чотирьохразовому повторенні (всього 800 клубенів). Насіневий матеріал для конкурсного випробування беруть протягом двох наступних років у розсаднику селекційного розмноження. Повторюють підрахунки і спостереження, які проводяться в розсаднику основного випробування, крім оцінки на ракостійкість. Додатково гібриди оцінюють на фітофторостійкість на інфекційному фоні, в лабораторних умовах визначають **R**-гени (разове визначення, при сумнівній реакції – повторне), визначають стійкість клубенів до механічних ушкоджень, їх здатність до зимового зберігання. Паралельно з конкурсним проводять динамічне, екологічне і виробниче випробування.

Динамічне випробування. Триває протягом трьох років. Його основне завдання - визначити групу стиглості гібридів порівняно з стандартними комерційними сортами. Для цього за період вегетації беруть чотири проби по 15 кущаів у чотирьохразовому повторенні (всіх 240 кущів): першу – на початку утворення клубенів у скоростиглого стандарту, наступні – через кожні 10 днів. Гібриди оцінюють за врожайністю клубенів і масою бадилля, товарністю, середній масі товарного клубеня, вмісту крохмалю, смаку.

Для економії земельної площі рекомендують об'єднати розсадники конкурсного і динамічного випробування, висаджуючи в кожному повторенні по 260 клубенів (4 рядка по 50 клубенів конкурсного і в продовженні по 15 клубенів динамічного випробування в кожному рядку). До збирання конкурсного проби динамічного випробування вже взяті і в розсаднику на їх місці лишаються широкі розворотні полоси для збиральних машин.

Екологічне випробування. Його проводять для визначення пластичності гібридів протягом 3 років: у перший рік – за методикою попереднього, на другий і третій рік – основного випробування. Матеріал установа-оригінація розсилає на дослідні станції зони діяльності, де його використовують в перший рік. У наступні роки оцінюють матеріал, що вирощений безпосередньо в пункті випробування.

Розсадник селекційного розмноження. Використовується для розмноження гібридів, які знаходяться в конкурсному випробуванні. Повторність одноразова, розмір ділянки від 65 м², до 1 га (в залежності від наявності матеріалу). Проводять фенологічні спостереження, врахування хвороб (3 – 4 рази), прочистки, попередні підрахунки врожаю. Розсадник розміщають на ізолюваній ділянці, матеріал для нього відбирають за результатами індексації і серологічного аналізу.

Виробниче випробування. Цей вид випробування проводять в умовах товарного виробництва. Висаджують перспективні зразки, які пройшли двохрічне конкурсне випробування, на площі від 0,25 до 0,5 га. За стандарт використовують кращий комерційний сорт однакової з випробовуваним матеріалом групи стиглості. Технологія посіву загальноприйнята для даної культури в господарстві або індустріальна. Проводять визначення врожайності.

Перспективні сорти, починаючи з розсадника основного випробування, розмножують в селекційному розсаднику, щоб після закінчення всіх випробувань і підсумкової оцінки сорту мати для передачі на державне сортовипробування 5 т насінневого матеріалу.

Методи оцінки селекційного матеріалу

Велике значення для селекції картоплі має оцінка стійкості гібридного матеріалу до хвороб, шкідників, екстремальних умов середовища, а також якості її клубенів.

Оцінка стійкості до хвороб. Стійкість до вірусних хвороб може бути виявлена на раннішому етапі онтогенетичного розвитку сіянців. Для цього їх заражують з допомогою розпилювача з відстані 10 – 15 см інкулюмом вірусів X і Y, до якого додано абразив

(карборунд, целіт) для порушення цілосності листків і підвищенні ефективності прийому. Після інокуляції сіянці обприскують водою, щоб на листках не залишалося висохшого інокулюма, а через 7 – 10 днів горщечки з рослинами виносять з теплиці. Вибраковування по зовнішніх ознаках проводять неодноразово протягом 1,5 – 2 місяців після інокуляції, потім усі фенотипічно здорові рослини перевіряють серологічно і ті, що дали позитивну реакцію з сироваткою видаляють.

Стійкість картоплі до *фітофторозу* виявляють з допомогою лабораторних і польових методів. Польову стійкість сіянців до хвороб оцінюють у фазі чотирьох-шести листків шляхом зараження їх суспензією раси 1, 2, 3, 4 (інфекційне навантаження 10 – 12 конідій в полі зору мікроскопа $\times 120$) і на 5, 9, 15-й день виділяють уражені рослини.

Польову стійкість в селекційних розсадниках оцінюють методом штучної інокуляції окремих листків (по шість кожного зразка з середнього яруса), наносячи на них суспензію підвищеної (18 – 20) і пониженої (15 – 16 у полі зору мікроскопа) концентрації конідій раси 1, 2, 3, 4. Оцінку проводять через 3 – 4 дні після зараження, а потім двічі послідовно через дві доби за дев'ятибальною шкалою, обчисливши середній бал ураження зразка. Контролем використовують добре вивчені за польовою стійкістю сорти. При розвитку епіфітотії фітофторозу польову стійкість листків і клубенів оцінюють візуально в полі.

Надчутливість (**R**-гени) листків і клубенів визначають шляхом зараження окремих листків і часток бульб суспензією з відповідних рас гриба і наступною оцінкою. За контроль використовують сорти з відомими **R**-генами у листках і клубенях.

Оцінку стійкості до *бактеріальних хвороб* проводять у польових і лабораторних умовах. Лабораторні методи включають штучне зараження клубенів (кусочків) і зрізаних стебел (при оцінці стійкості до чорної ніжки) або клубенів (при оцінці стійкості до кільцевої гнилі) чистими культурами збудників хвороб, витримування їх в умовах відповідної температури і вологості і наступну оцінку ступеня враженості.

Польовий метод оцінки селекційного матеріалу також ґрунтується на штучному зараженні клубенів перед посадкою чистими культурами збудників, які вводять у них з допомогою шприца. Розвиток хвороби контролюють у період вегетації при збиранні. Польовий метод оцінки застосовують на останніх етапах селекційного процесу.

Оцінка стійкості до механічних пошкоджень. Таку оцінку необхідно проводити щорічно, починаючи з розсадника гібридів другого року. Спочатку застосовують лабораторний метод оцінки стійкості клубенів до потемніння м'якоті з використанням прибора динамічної міцності (ПДМ), а для гібридів в основному і конкурсному сортовипробуваннях – механізоване збирання в полі. Їх збирають комбайном або картоплекопалкою КСТ-1,4, які сильно пошкоджують бульби. В день збирання враховують зовнішні (обдирання шкіри, виривання м'якоті, тріщини), а через 10 – 20 днів зберігання при температурі 16 – 18⁰С і внутрішнє (потемніння м'якоті) пошкодження. За результатами підрахунків обчислюють відсоток ушкоджених клубенів, у тому числі по видах механічних пошкоджень.

Якість клубенів. Дана ознака визначається багатьма показниками – формою, глибиною вічок, забарвленням шкіри і м'якоті, смаковими якістьями, вмістом крохмалю, білка, вітамінів. Перші п'ять ознак оцінюють візуально. Вміст крохмалю, білку, вітамінів встановлюють відомими лабораторними методами.

Ступінь одноманітності клубенів (проби по сухій речовині) визначають у соляних розчинах, потемніння м'якоті – на розрізі сирих клубенів.

Столові якості клубенів - цілісність шкіри, щільність м'якоті після варіння, мучнистість (розсипчастість), клеклість, водянистість, смак, запах, потемніння м'якоті після варіння – оцінюють при дегустації. Клубені варять без солі, відмічають тривалість варки. Всі вказані показники визначають за зовнішнім виглядом, органолептично і виражають у балах. Загальна оцінка столових якостей становить суму балів.

Оцінку сортів на тривалість зберігання без зниження столових якостей клубенів необхідно проводити двічі: перший – протягом 1 – 2 місяців після збирання, другий – у кінці зими – на початку весни до проростання клубенів.

Придатність клубенів для переробки на чіпси. Цей показник оцінюється в лабораторних

умовах за вмістом редукуючих цукрів і якості чіпсів. Вміст цукрів визначають відомими методами, наприклад хроматографічним експрес-методом (контроль – кольорова шкала на основі стандартних розчинів глюкози).

Придатність до переробки на чіси визначають після двохнедільного рекондиціонування зразків при 23⁰С. Кусочки нарізують товщиною 1,1 – 1,2 мм, жарять 2 хв. при 100 – 180⁰С. Якість готових чіпсів оцінюють за дев'ятибальною кольоровою шкалою.

Високу придатність гібридів для переробки на чіпси на ранніх етапах селекції виявляють методом „жарених дисків”, за основу яких прийнята ідентичність проходження реакції Майларда при жаренні кусочків і жаренні дисків з фільтрувального паперу, просочених вичавленим на них соком розрізаного навпіл клубня. Диски порівнюють з кольоровою шкалою. Половинки цінного матеріалу використовують у наступній селекційній роботі.

Досягнення селекції.

Селекція картоплі інтенсивно проводиться в Російській Федерації, Білорусі, Україні, Німеччині, Польщі, Англії, США. Канді, Нідерландах. Створено багато цінних сортів столового, технічного, кормового, універсального спрямування.

В Німеччині створені високоврожайні, ранньостиглі, з комплексною стійкістю сорти столового спрямування з гарними смаковими якостями. В Чехії істотно збільшилася частка ранніх сортів. Основний напрямок селекції – створення сортів з високою врожайністю, комплексною стійкістю до хвороб. У Шотландії створені сорти високоврожайні, з комплексною стійкістю до хвороб, з гарними смаковими якостями. В Нідерландах одержані сорти високоврожайні, екологічно пластичні, багато з них нематодостійкі. В США створені сорти, які стійкі до багатьох хвороб. На ринку присутні генетично модифіковані сорти картоплі, доля яких в Україні законодавчо не визначена.

До Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні на 2006 рік внесено 119 сортів картоплі, з них більше 80% становлять сорти української селекції. Зокрема в Інституті картоплярства створено 31 сорт, на Поліській дослідній станції ім. О.М. Засухіна цього ж інституту - 16 сортів, в Інституті сільського господарства Полісся України – 3 сорта, в Інституті землеробства і тваринництва західного регіону – 4 сорта.

Лекція № 13

Селекція цукрового. Задачі і основні напрямки селекції.

Завдання і напрямки селекції

Основне завдання селекції цукрового буряка – створення одноросткових сортів і гібридів, які забезпечують найбільший вихід цукру з одиниці площі при високій якості сировини і найменших витратах праці і коштів.

У зв'язку з різноманітністю ґрунтово-кліматичних особливостей кожної зони бурякосіяння сорти і гібриди поряд з підвищеною продуктивністю і цукристістю повинні задовольняти відповідним вимогам.

Створення більш урожайних сортів і гібридів з підвищеною цукристістю. Збір цукру визначається вмістом його в коренях і врожайністю коренів. Між цими двома ознаками спостерігається негативна кореляція (в диплоїдів $r_p = -0.25$, у тетраплоїдів $r_p = -0.40$). Зміна кореляції між цукристістю і врожаєм коренів – надзвичайно важливе завдання селекції.

Збір цукру і врожай коренів знаходяться в тісній взаємозалежності ($r_p = 0.9$), тому одержання цукру з одиниці площі на 80 – 90% забезпечується врожаєм коренів.

У селекції цукрового буряка існують три напрямки: *врожайний, цукристий і врожайно-цукристий (сумісний)*. Сорти врожайного типу характеризуються найбільш високою масою кореня і найнижчим вмістом цукру, а сорти цукристого типу – навпаки. В українській селекції переважає напрямок, який забезпечує збір найбільшої кількості цукру з одиниці площі і максимальне одержання його з одиниці маси сировини при переробці продукції на заводі. Краще всього це завдання вирішується при вирощуванні сортів і гібридів врожайно-цукрового типу, які займають практично всю площу фабричних посівів цукрового буряка.

Для підвищення врожайності корнеплодів і цукристості вживо створювати сорти і гібриди не лише з більш високою продуктивністю фотосинтезу, але і з підвищеною інтенсивністю його, що забезпечить значний приріст корнеплодів порівняно з надземною масою. При цьому максимальна продуктивність фотосинтеза повинна досягати до фази п'яти-семи листків, після чого розвиток бадилля передбачається мінімальним. Оптимальна облиствленість повинна супроводжуватися більшою довговічністю листків середнього яруса, що в підсумку призводить до формування посухостійкості, яка сприяє в багатьох зонах збільшенню збору цукру. Таким чином, досягнення можливостей ідеального генотипа повинно забезпечуватися покращенням використання асимілятів рослинами буряку.

Створення сортів і гібридів одноросткового буряка. Наявність гена одноростковості в буряка відкрило нові перспективи його вирощування, тому при селекції за цією ознакою важливо досягнути рівня врожайності багаторосткових сортів і гібридів. Можна проводити прямий добір по крупності плодів і масі насіння, оскільки існує прямий зв'язок між величиною насінини, потужністю паростка і продуктивністю рослини ($r_p = 0.9$). Велике значення має покращення якості насіння одноросткових форм: форми, енергії проростання і польової схожості.

Створення сортів і гібридів з високими технологічними якостями. Вихід цукру на заводі визначається не лише цукристістю але і технологічними якостями сировини. Сорти і форми, що не різняться за вмістом цукрози в перерахунку на одиницю сировини, можуть дати різний вихід цукру при переробці і значно відрізнятись по виходу меляси.

Основна ціль селекції на якість – поряд з забезпеченням високої цукристості звести по можливості до мінімуму втрати цукру в мелясі шляхом планомірної дії на хімічний склад буряка.

Створення сортів, що пристосовані до механізованого збирання. Цей напрямок селекції заслуговує великої уваги, особливо при поточному способі збирання, оскільки у буряка переважно спостерігаються неоднаковість розвитку бадилля і кореня, нерівномірне занурення голівки кореня в ґрунт, різне положення розетки, різна глибина кореневої борозенки.

Створення сортів, стійких до хвороб. Втрати врожаю коренів і насіння цукрового буряка від хвороб інколи досягає 15 – 20%. Особливо великих втрат завдає цукровому буряку церкоспороз, пероноспороз (несправжня борошниста роса), борошниста роса (ерізіфоз),

кагатна гниль, коренеїд, і вірусна жовтуха. Селекціонерами створені сорти і гібриди, що стійкі до окремих хвороб. В перспективі стоїть завдання створення сортів з комплексною стійкістю до хвороб.

Вихідний матеріал

Використання сучасного потенціала культурних форм. Історія селекції цукрового буряка нараховує біля 200 років. Зразки багаторосткового буряка, особливо перших дослідно-селекційних станцій – Уладово-Люлинецької, Іванівської, Вехняцької, що були організовані на початку минулого століття, пройшли тривалий селекційний добір і пристосувалися до відповідних зон. Решта всіх станцій переважно використовували вихідний матеріал перших станцій. Багаторосткові форми займають провідне положення в селекційному генофонді, і їх зберігають до теперішнього часу. З багаторосткового буряка були виділені одноросткові форми, на основі яких почався новий етап селекції – створення одноросткових сортів і гібридів цукрового буряка, і вже на базі цього вихідного матеріалу почала розвиватися селекція одноросткових сортів і гібридів кормового буряка. Найбільш розповсюджені в світі одноросткові матеріали, одержані в Україні і США. Насичуючі схрещування цих джерел з багаторостковими матеріалами дали змогу створити генофонд одноросткового буряка в багатьох країнах, який постійно розширюється.

Дикі види. Цінний вихідний матеріал для селекції представляють *B. maritime* (холодостійкість, зимостійкість, посухостійкість, стійкість до церкоспорозу), *B. patellaris*, *B. webiana*, *B. procumbens* (стійкість до нематод і церкоспорозу), *B. lomalogona*, *B. nana*, *B. webbiana*, *B. procumbens* (одноростковість), *B. macrorrhiza* (слабкий розвиток механічної тканини в корнеплодах), *B. corolliflora* (стійкість до вірусу кучерявості), *B. lomalogona* (4x) і *B. trigyna* (схильність до апоміксису).

Всі види і форми секції *Beta* добре схрещуються між собою і дають плодовитих нащадків, процес переносу генів у межах цієї секції легко проводиться.

Види секції *Corollinae* схрещуються з культурними формами буряка важко. Практично не схрещується з ними види секції *Patellares*.

Сучасні методи біотехнології, пов'язані з культурою зародків і тканин, роблять реальним залучення диких родичів для покращення культурних сортів буряка.

Методи створення вихідного матеріалу для селекції цукрового буряка

Способи створення популяцій

Гібридизація. В Україні з 1936-37 рр. для створення вихідного матеріалу почали широко застосовувати міжсорткову гібридизацію. Для цього використовують сорти переважно різного еколого-географічного походження з найбільшою сумою позитивних ознак. У цукрового буряка спостерігаються менш значні генетичні відмінності, ніж у інших культур (кукурудза, пшениця, ячмінь картопля і ін.), тому для розширення генетичної основи за вихідний матеріал необхідно використовувати її близьких культурних родичів, а також дикі види.

Як відмічали М.І. Вавілов і ін., селекція цукрового і селекція кормового буряка завжди йшли самостійними шляхами, тому гібридизація тої чи іншої культури на різних рівнях плоідності представляє істотний інтерес. Так, при схрещуванні цукрового буряка з листовим у третьому, четвертому поколіннях гібридів вищиплюються біотипи, які перевершують за цукристістю цукровий буряк. Використання в селекції гібридів між культурними формами господарського спрямування дає змогу вирішувати одне з найбільш важливих завдань – досягнути значної генетичної дивергенції між компонентами схрещування.

Генні і хромосомні мутації. Методи хімічного і фізичного мутагенезу знаходять все більше застосування в селекції при створенні генетично нових вихідних матеріалів одноросткового цукрового і кормового буряка, а також при виділенні форм, які стійкі до хвороб. Французькі дослідники повідомляють про використання культури клітин в індукуванні мутацій з допомогою хімічних мутагенів і опромінювань з досить високою частотою їх прояву.

Геномні мутації. Найбільш розповсюджений метод одержання тетраплоїдних рослин – дія слабким водним розчином колхіцину при концентрації 0,1 – 0,2% на точки росту молодих рослин протягом 10 – 15 днів. При більш сильних концентраціях колхіцину (0,5 – 1%)

скорочується період обробітку і цим полегшується процес одержання тетраплоїдів.

Протягом декількох поколінь шляхом цитологічного контролю проводять добір за комплексом ознак (продуктивність, розмір і вирівняність пилку, посівні якості насіння і ін.). Враховуючи, що добір на тетраплоїдному рівні утруднений через більш складний характер спадкування, ефективним прийомом є попередня селекція диплоїдів, підбір з них цінного вихідного матеріалу для одержання поліплоїдів.

Експериментально одержані поліплоїди характеризуються пониженими посівними якостями, пониженою фертильністю пилку і меншою її конкурентноспроможністю. З позитивних особливостей тетраплоїдів слід відмітити гарну форму кореня, високу стійкість до цвітущості, зменшення частки зольних речовин, підвищення стійкості до церкоспорозу і ін.

З метою усунення недоліків, які притаманні тетраплоїдному буряку при дії колхіцину, рекомендується використовувати мейотичні поліплоїди з нередукованих гамет. Найбільш ефективний спосіб одержання мейотичних тетраплоїдів на фертильній основі – схрещування триплоїдних рослин між собою і триплоїдів з тетраплоїдами. При цьому кількість тетраплоїдів становить 16 – 45,9%. Мейотичні тетраплоїди вже в першому поколінні мають високу продуктивність, високу якість насіння і порівняно швидко піддаються селекційному покращенню.

Методи добору

Масовий добір. У минулому мав надзвичайно важливе значення, тривалий час був основним методом селекції даної культури. Масовим добором створений сучасний цукровий буряк. У теперішній час масовий добір застосовується головним чином для підтримання (покращення) комерційних сортів у процесі їх використання в виробництві.

При використанні групового добору (модифікація масового) передбачається додаткова розбивка матеріалу на окремі фракції за відповідними ознаками. Добір більш ефективний за ознаками з меншою амплітудою мінливості, наприклад по цукристості. Застосування масового добору при роботі з буряком має ті переваги, що добір проводиться в перший рік життя і його продукти на другий рік вегетації можуть бути ізольовані від можливого перезапилення.

Індивідуальний добір. Це основний метод селекції буряка. При осінньому збиранні коренів у селекційному розсаднику проводять жорстоку браковку (до 60 – 70%) за продуктивністю і іншими небажаними для селекціонера ознаками. Решта коренів поступає для аналізу в лабораторію, де визначають масу кожного кореня, його цукристість, технологічні якості, стійкість до кагатної гнилі і інші ознаки. В кожному цінному зразку відбирають 100 – 300 рекордистів, або всього 0,2 – 0,5%, які в наступному оцінюють по нащадках (педігрі); 5 – 15% коренів з найкращим сполученням корисних особливостей переважно відносять до супереліти. Оцінку нащадків проводять по материнській лінії з спрямованим регулюванням запилення в умовах просторової ізоляції.

Індивідуальний добір проводять одночасно за прямими і непрямими ознаками в процесі росту і розвитку буряка. Добір під час викопування за основними ознаками сполучають з добором по силі початкового росту, морфологічних особливостях надземної і підземної частин, характеру росту і розвитку рослин при розширених площах живлення, особливостях онтогенезу буряка другого року життя.

Нащадки кожної індивідуально відібраної рослини представляють собою популяцію, оскільки відсутній строгий контроль за запиленням, а ступінь гетерозиготності збільшується при репродукуванні. Для підтримання селективних ознак на відповідному рівні доводиться в кожному наступному поколінні застосовувати масовий добір найбільш типових екземплярів. Таким чином, масовий добір має важливе значення як підтримуючий чинник індивідуально відібраних нащадків.

Рекуррентний добір. Будь яка програма по гібридній селекції повинна передбачати безперервне вдосконалення вихідних популяцій з використанням різноманітних видів рекуррентної селекції.

Обов'язкова умова проведення рекуррентних доборів – одержання самозапилених нащадків від гібридних рослин, які виділилися за селекційними оцінками, у буряка виконати достатньо складно, оскільки більшість рослин в популяціях строго несумісні. В деяких схемах

рекуррентної селекції, в тому числі буряка, самозапилення замінюють клонуванням вихідних рослин, тобто протягом всього терміну робіт по оцінках гібридних нащадків вихідні рослини підтримуються вегетативним шляхом. Вегетативне розмноження великої кількості рослин збільшує витрати коштів і праці при широких масштабах селекційної роботи. Перспективні такі схеми, при яких самозапилення може проводитися легко, а перекомбінування генетичного матеріалу в селектованих популяціях - без витрат ручної праці.

Рекуррентна схема покращення популяцій 0-типу, запропонована Босемарком. В програмах по гібридній селекції буряка з використанням самозапилених ліній з ЦЧС метою селекції стало створення ліній типу 0 з високою комбінаційною здатністю і високими показниками за господарсько цінними ознаками. Для проведення гібридизації з метою рекомбінації генетичного матеріалу пропонується використовувати генну стерильність, яка контролюється одним рецесивним геном *al*. Гомозиготи *alal* повністю стерильні, а гетерозиготи *Alal* і гомозиготи *AlAl* фертильні. Для одержання самозапилених нащадків у покращуваних рекуррентним добором ліній 0-типу використовується ген *S^f*, який обумовлює самофертильність, що походить з лінії SLC 101. Спочатку проводиться перекомбінування ліній 0-типу, з генотипом *S^fS^fmmAlAxxzz*, тобто гомозигот за генами самофертильності (*S^f*), односторостковості (*m*), закріплення ЦЧС (*x* і *z*), домінантному гену ядерної фертильності (*Al*). Лінії 0-типу схрещують з стерильною лінією генотипу *S^fS^fmmalalxxzz* (гомозигота по *al*). Перше покоління буде фертильним (гетерозигота *Alal*). У другому поколінні співвідношення фертильних і стерильних рослин буде 3 : 1 (розщеплення по локусу *Al*). В F2 виділяють стерильні рослини і для наступної роботи залишають лише їх нащадків. В F3, завдяки випадковості перезапилення, співвідношення фертильних рослин до стерильних становитиме 2 : 1. У четвертому поколінні стерильні по пилку рослин (*alal*) схрещують з видатними за якимось господарсько цінними ознаками фертильними багаторостковими самонесумісними популяціями генотипу *SIS2MMAIAI*, де гени *S1* і *S2* – алелі по гену несумісності, *M* – ген, що контролює багаторостковість, *Al* – домінантний алель ядерної чоловічої фертильності.

Одна частина гібридних нащадків буде гетерозиготною по генах *Xx* і *Zz*, інша – гомозиготною по цих генах, їх співвідношення визначається структурою багаторосткової популяції буряка по генах, що закріплюють стерильність. Для визначення гомозигот по генах *x* і *z* проводять аналізуюче схрещування з стерильною рослиною генотипу *SxxzzBB* (*B* – ген, що контролює однорічний цикл розвитку рослин). Одночасно проводять аналізуюче схрещування рослин F1 з вихідною лінією з метою виділення гомозигот за ознаками односторостковості і ядерної стерильності. В нащадків від другого аналізуючого схрещування виділяють гомозиготи по генах *m* і *al* (гомозиготність за генами *x* і *z* виявляють по результатах першого аналізуючого схрещування). Виділяють рослини вказаних генотипів на ділянці насичуючого схрещування, на якому лінії з ЦЧС запилюються пилком аналізованої популяції. Насіння збирають лише з стерильних рослин (генотип *alal*), які використовують у сортовипробуваннях для оцінки нових рекомбінантних генотипів за господарсько цінними ознаками. Відібрані рослини в наступному поколінні самозапильються, а одержане насіння використовують для оцінки зразків по господарсько цінних ознаках і для формування популяції для нового циклу добору.

Без сумніву переваги даної схеми покращення популяцій 0-типу полягають у використанні в ній широкого арсеналу можливостей, що надає спеціальна генетика цукрового буряка. Тривалість одного циклу добору (10 і більше років), нагромадженість селекційного процесу є недоліками цієї схеми, яка може бути реалізована в спеціалізованих селекційних установах.

Схема рекуррентної селекції з використанням самонесумісності самозапилених ліній цукрового буряка. Перший етап (I) рекуррентної селекції фертильних ліній передбачає вільне перезапилення ліній між собою (мал. 47). Ст. 454. Лінії висівають рядками на одній ділянці так, щоб вони могли перезапильоватися одна з одною. Таким чином, при гібридизації виходить в цілому $n(n - 1)$ гібридних комбінацій (прямих і зворотніх). Гібридність нащадків через випадковість переносу пилку повинна встановлюватися прямим шляхом у штеклінгів (невеликих корнеплодів масою 30 – 50 г), які одержані з насіння кожної материнської лінії.

Для визначення напрямку схрещування і виходу гібридів зручно використовувати ізоферменти як маркери процесу запилення. Збирання проводять окремо з ділянки кожного материнського компонента.

Гібриди F1 від усіх комбінацій схрещування самозапилюють, у них одночасно проводять добір за ознакою одноростковості (етап II).

Частина нащадків від самозапилення розмножується в собі (під груповими ізоляторами), а інші паралельно схрещуються з сортами-тестерами з домінантними маркерними генами (етап III) для оцінки топкросних гібридів у порівняльних сортовипробуваннях наступних років (етап IV). За даними екологічного випробування, в формуванні нової синтетичної популяції приймають участь лише ті нащадки, які мали кращі показники по утилітарних ознаках в різних агроекологічних зонах вирощування. Кращі зразки використовуються для формування багатолінійних гібридів і синтетичних сортів. Для переходу до наступного циклу рекуррентного добору слід виділити лінії, які гомозиготні за маркерними генами. Тому нащадки від розмноження в собі окремих зразків, які виділилися в сортовипробуваннях, знову піддають самозапиленню (етап V) з метою наступних доборів за ознакою одноростковості і для гомозиготації маркерних локусів.

Насіння від самозапилення використовують для одержання штеклінгів і контролю за маркерними генами з метою виділення гомозигот. Частину штеклінгів залишають для розмноження в собі під груповими ізоляторами, другу частину - для схрещування з тестером (етап VI). Після завершення другого циклу сортовипробувань (етап VII) кращі зразки включають у формування синтетика *Syn 1* для нового циклу рекуррентної селекції.

Остання схема значно простіша, і на проведення одного циклу рекуррентного добору потрібно вдвічі менше часу.

Селекція на гетерозис

Виконання програм селекції буряка на гетерозис відбувається на диплоїдному, триплоїдному і тетраплоїдному рівнях. Переконливих доказів переваг будь якого одного шляху поки що не отримано, тому селекційну роботу проводять у різних напрямках. Головне завдання при будь яких методах – підвищення гібридності нащадків.

Інбридинг. Як формоутворюючий чинник – це один з найбільш ефективних шляхів використання існуючого генофонда культурних форм буряка. З використанням даного методу закріплюються такі важливі ознаки, як висока комбінаційна здатність, стійкість до хвороб, одноростковість, нецвітушність, висока цукристість, тип куща і ін. Добір самофертильних ліній не представляє інтересу для селекції на гетерозис через їх слабе взаємне перезапиллення. Самофертильні форми виявилися досить вдалимими як закріплювачі стерильності. При цьому вони повинні мати високу комбінаційну здатність. Глибокий інбридинг в селекції буряка, на думку В.Г. Перетятко, недоцільний, оскільки самозапилення діє негативно, аж до повної загибелі рослин.

Комбінаційна здатність проявляється незалежно від ступеня інбридингу і не має прямого зв'язку з ним. Враховуючи перспективи одержання гаплоїдів *in vitro* існують перспективи прискорення процесу виділення гомозиготних форм.

Пробні схрещування. Загальну комбінаційну здатність, що має в селекції буряка велике значення, вивчають методами топкроса і полікроса з модифікаціями, які враховують біологічні особливості культури (перезапиллення в межах материнського сорта через неможливість масової кастрації обмеженої технічними можливостями, відмінність компонентів схрещування по плоідності і т.д.), причому перевагу надають топкросу. Інформація про комбінаційну здатність, яка одержується в системах топкроса і полікроса, практично однакова.

Лінії з ЦЧС менше різняться по комбінаційній здатності в результаті меншої їх генетичної диференціації. В буряка за тестери найбільш придатні високопродуктивні лінії. Дослідження останніх років показали, що одночасне використання в топкросних схрещуваннях двох тестерів (фертильного і чоловічостерильного) дає змогу більш точно оцінювати загальну комбінаційну здатність створюваних ліній і прискорює підбір конкретних батьківських пар для створення гетерозисних гібридів. Для виявлення ліній, які забезпечують високу цукристість гібридів, доцільно застосовувати за тестер низькоцукристі форми буряка з

маркерними генами (Red tester і ін.). Повна діалельна схема в селекційній практиці через великий об'єм схрещувань застосовується по мірі необхідності.

Методика роботи з диплоїдними сортами. Будь який сорт буряка представляє собою популяцію. Його формування відбувається декількома шляхами. Один з них пов'язаний з підбором компонентів, які пройшли оцінку з допомогою пробних схрещувань. Компоненти підбирають з урахуванням їх біологічних особливостей. Так, сорт Рамонська 06 створений шляхом схрещування посухостійких і вологолюбивих нащадків. Зформовані за такою схемою сорти можуть розмножуватися як популяція без самостійного насінництва окремих компонентів або ж при щорічній передачі в репродукційні посіви насіння окремих компонентів при схрещуванні їх у фазі насінневої еліти. Для маточних посівів використовують суміш насіння цих компонентів. У висадках фабричної генерації відбувається схрещування, і в виробництво передають гібридне насіння.

Другий шлях пов'язаний з використанням схеми полікреса для формування в кінцевому підсумку сорта-синтетика. Принципова схема в усіх селекційних установах загальна, різниця полягає в підборі компонентів для формування розсадника полікреса. Так, на Львовській дослідно-селекційній станції 10 кращих по комбінаційній здатності ліній, що створені методом помірною (послабленого) інбридинга, і гібридів першого покоління були включені в полікросні схрещування, в результаті чого отриманий сорт синтетик Львовський однонасіневий 52. За даним Верхняцької дослідно-селекційної станції жодна з парних комбінацій будь якого з 16 зразків не дала переваг перед гібридними нащадками від полікреса.

Одержання гібридів на основі міжлінійних і сортолінійних схрещувань. Американські селекціонери використовують масове одержання самозапилених ліній при вирощуванні буряка в гірських районах. Донором одностовкості, самофертильності і закріплення стерильності використовують лінію SLC 101 (генотип *S'S'mmxxzz*), яка покладена в основу одержання гібридних сортів одностовкового цукрового буряка в США і Західній Європі на основі ЦЧС. Після випробування самозапилених ліній на загальну і специфічну комбінаційну здатність в топкросах і діалельних схрещуваннях були створені гетерозисні гібриди, які перевищують по виходу цукру кращі диплоїдні сорти на 18 – 20%.

В Україні самозапилення самонесумісних ліній з використанням явища псевдонесумісності в умовах понижених температур отримують в Карпатах.

Використання експериментальної поліплоїдії. Дослідження по поліплоїдії в буряка відкрили нові перспективи в селекції – сполучення ефекта поліплоїдії і гетерозиса, що призвело до створення полігібридів.

Поліплоїдні гібриди одержують в результаті схрещування штучно створених тетраплоїдів з звичайними диплоїдними сортами, ефект яких ґрунтується на використанні гетерозиса тріплоїдних гібридів.

Створені поліплоїдні гібриди представляють собою анізоплоїдні популяції з наявністю трьох рівнів генома (2x, 3x 4x). Як правило, тетраплоїдні форми формувалися на основі невеликого числа рослин сорта, з цієї причини А.Н. Лутков і С.І. Малецький вважають, що такі форми одержані з використанням ослаблених інбридингом форм.

Враховуючи явище селективності запліднення, тетраплоїди застосовують за материнську форму при гібридизації. Найбільш сприятливе співвідношення тетраплоїдних і диплоїдних компонентів 4 : 1 або 3 : 1.

З допомогою поліплоїдії успішно вирішується селекція на одностовкості. Використання тетраплоїдних форм сортів Ялтушківська однонасінева і Білоцерківська однонасінева дало змогу створити низку однонасіневих полігібридів.

Новий напрямок селекційної роботи з поліплоїдами буряка полягає в схрещуваннях тетраплоїдних форм між собою. При цьому стає можливим закріплення гетерозиса. В окремих випадках стає можливим перевищити показники анізоплоїдних популяцій. Створений в Інституті землеробства насичуючими схрещуваннями тетраплоїдних кормово-цукрових гібридів з тетраплоїдним кормовим буряком тетраплоїдний сорт коромового буряка Київський перевищує районовані сорти по збору сухих речовин на 0,84 – 3,17 т/га.

Використання ЦЧС. Один з ефективних методів наступного збільшення врожайності

цукрового буряка – застосування цитоплазматичної чоловічої стерильності, яка дає можливість істотно підвищити гібридність нащадків на диплоїдному, триплоїдному і тетраплоїдному рівнях.

Для прискорення оцінки ліній типу 0 на закріплюючу здатність рекомендується брати однорічні лінії з ЦЧС (з відповідними лініями типу 0).

В Україні селекційна робота з використанням ЦЧС започаткована в кінці 50-х років минулого століття. В європейських країнах ЦЧС сполчають з поліплоїдією. До схрещування з тетраплоїдами залучається стерильний матеріал, який отриманий на диплоїдній основі. Застосування за батьківські форми одноросткових компонентів дає змогу одержувати триплоїдні гібриди з високою ступінню одноростковості. Використання насичуючих схрещувань добре відомих стерильних багаторосткових форм з зодноростковими дає змогу вже в третьому поколінні сполучати одноростковість з 100%-ною стерильністю.

В 1965 р. в Швеції впроваджений у виробництво перший триплоїдний гібрид на стерильній основі Монохілл, який займав у окремі роки в країнах Західної Європи до 1,5 млн. га. Цей сорт і похідні від нього гібриди одержані з участю декількох десятків ліній, характеризувалися великою різноманітністю розетки. Тобто у гібридів спостерігається, окрім ефекта гетерозиса, також ефект взаємодії різноманітних форм прояву розетки листа. Такі гібриди характеризуються екологічною пластичністю, здатністю утворювати стабільний урожай в різноманітних ґрунтово-кліматичних умовах. За вказаною схемою в країнах Західної Європи створені поліплоїдні гібриди, що набули великого поширення.

Використання за стерильну форму тетраплоїдного компонента створює великі перспективи в зв'язку з значним підвищенням гібридності нащадків, але через відсутність надійних донорів ЦЧС у тетраплоїдів і низької якості насіння ця схема поки що не застосовується.

Використання самонесумісності. Програми селекції, які ґрунтуються на явищі ЦЧС, економічно витратні, тому самонесумісність як природний механізм підтримання облігатного перехресного запилення можна використовувати в селекції цукрового буряка для одержання гібридів на основі фертильних ліній з поліморфізмом по генах, які контролюють самонесумісність. Вихід гібридного насіння при виробництві простих гібридів досягав 83,3%; при отриманні синтетичних гібридів схрещування трьох-п'яти ліній забезпечує майже 100%-ний вихід насіння. Генотипи рослин – з яких походять лінії і їх морфологічні характеристики істотно впливають на вихід гібридів при їх схрещуванні. При одержанні синтетичних гібридів ці чинники істотно нівелюються. Тому виробництво синтетичних гібридів представляє перспективний напрямок селекції цукрового буряка.

Добір за специфічними ознаками

Одноростковість. Необхідність вирощування буряка без витрат ручної праці обумовила обов'язкове введення ознаки одноростковості в усі сорти і гібриди. В Україні вихідним матеріалом для створення одноросткового цукрового буряка використано спонтанні мутації (або рекомбінації). У 1934 р. серед 22 млн. кущів було відібрано 109 з одноростковістю від 10 до 90%. Протягом більше 20 років спрямованих жорстких доборів на одноростковість створено і в 1956 р. впроваджено у виробництво одноростковий сорт Білоцерцівський однонасіневий.

Підвищення продуктивності, зниження цвітущості, покращення якості одноросткового буряка проводять шляхом залучення в селекційний процес нових одноросткових форм, які виникли в результаті спонтанного і індукованого мутагенезу, застосування насичуючих схрещувань багаторосткового буряка з одноростковим і кормового буряка з цукровим, віддаленої гібридизації з одноростковими дикими видами (*B. lomatogona* і ін.), створення лінійних матеріалів з високою комбінаційною здатністю

Наявність двох або більшого числа генетичних систем, що контролюють розвиток ознаки одноростковості, призводить до того, що закріплення і стабілізація цієї ознаки можливі лише при дотриманні надзвичайно строгої ізоляції, спрямованого запилення і постійному спрямованому доборі

Технологічні особливості. Переважно, ознаки, які визначають якість, спадкуються

комплексно, вони пов'язані з іншими ознаками позитивними і негативними кореляціями.

З появою автоматизованих лабораторій стало можливим серійне визначення найбільш важливих речовин корнеплодів цукрового буряка, що характеризують їх якість. Сучасні системи на основі комп'ютера дають змогу проводити аналіз по технологічних особливостях увесь селекційний матеріал при індивідуальному доборі. Цінні за якістю корнеплоди, які перевищили показники даної групи за масою і цукристістю, додатково аналізують за рештою технологічних показників. Для аналізу використовують приблизно чверть кожного корнеплода, що вирізана в вигляді сегмента вздовж його вісі, решу використовують весною для вегетативного розмноження і одержання насіння. У нащадків кращих зразків проводять повторні індивідуальні добори.

Стійкість до хвороб. Вивчення стійкості селекційних зразків і добір стійких біотипів і сортів проводять в умовах природнього розвитку хвороб, так і в спеціальних дослідах з штучним зараженням. Найбільш цінні селекційні зразки вивчають у міжстанційному випробуванні, які проводяться в восьми пунктах.

Метод діагностики стійкості буряка до коренеїда передбачає випробування розвитку хвороби на природньому фоні. Такий підхід дає змогу проводити добір біотипів, які мають у своїй основі гени стійкості до всіх збудників, але відсутність у Реєстрі подібних сортів і гібридів свідчить про недоліки таких доборів. Для створення інфекційно-провокаційного фону використовують суміш гібридів – які нестійкі до основних збудників коренеїда в відповідній зоні. Провокаційний фон: недостатнє зволоження – в засушниках (поліетиленова плівка під час дощу); надмірне зволоження – полив; оптимальне зволоження – додаткові поливи з рихленням. Вологість ґрунту менше 30 – біля 60, більше 80% повної вологості, відповідно.

Непрямі методи оцінки на стійкість до коренеїда ґрунтується на здатності ростків буряка долати ґрунтову кірку, величині сили всмоктування при пророщуванні насіння в урівняних соляних розчинах, показнику енергії проростання в умовах пониженої температури.

Штучний фон для добору на стійкість до церкоспорозу створюють у пониженій місцевості беззмінним вирощуванням буряка, з оприскуванням рослин суспензією спор церкоспори, і розпилюванням минулорічних перетертих листків з ділянок, які були заражені цим збудником. Стійкість до церкоспорозу проявляється як домінантна ознака і вільно комбінується з її стійкістю до кагатної гнилі.

При селекції на стійкість до кагатної гнилі широко використовується мікробіологічний метод, який опрацьований В.Н. Шевченко. Оцінку проводять у лабораторних умовах за невеликими вирізками коренів, які поміщають у чисту культуру одного з активних збудників (частіш за все *Botrytis cinerea Pers.*). Стійкість до кагатної гнилі спадкується як домінантна ознака і вільно комбінується з урожайністю і цукристістю.

Добір на стійкість до борошнистої роси проводять в умовах природнього зараження.

Основні провокаційні фони для прояву цвітушності буряка є також провокаційними і для розвитку пероноспорозу. Заслугує на увагу метод добору стійких родоначальних рослин і оцінка стійкості нащадків в умовах штучного зараження збудником цієї хвороби паростків при пророщуванні насіння.

Стійкість до цвітушності. Генетично ця ознака обумовлена однією парою алелів **В/в**. Алель **В**, який визначає цвітушність, проявляє неповне домінування над алелем **в**. У селекційній практиці для добору нецвітушних матеріалів застосовують декілька методів: 1) підзимній посів, що широко використовується на Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції; 2) посів тривало яровізованим насінням (45 - 60 днів), особливо ефективний у західних районах; 3) добір на яровізованій розсаді в умовах довгого дня, опрацьований М.А. Неговським, дає змогу застосовувати його з самих ранніх етапів селекції; 4) негативний добір найбільш скоростиглих висадків; 5) метод раннього (надраннього) посіву; 6) випробування в умовах безперервного дня в умовах крайньої Півночі. Добір у межах популяцій більш ефективний.

Високі посівні якості насіння. Перехід до вирощування одноросткових сортів і поліплоїдних гібридів значно загострив проблему схожості насіння буряка. Генетичних

відмінностей по якості насіння між одноростковими і багаторостковими формами практично немає. Перш за все існує відмінність у методиці визначення схожості. При однакових умовах у багаторосткових клубочків більше шансів дати паросток, ніж у одноросткових, в плоді якого міститься лише одна насінина. Проблема полягає в тому, що схожості насіння при селекції буряка мало приділялося уваги. Аналіз самозапиленних ліній показує, що серед них зустрічаються форми з високою схожістю і з низькою, але гетерозис за схожістю не проявляється. Основний чинник зниження схожості насіння тетраплоїдного буряка – ембріональні аномалії в зародковому мішку до і після запліднення, а також на наступних етапах розвитку зародка.

Для підвищення схожості насіння застосовують добір біотипів з округлою формою плода, що мають більш крупне насіння, щільне прикріплення кришечки, з бажаним типом насінника, добір за кількістю і якістю пилку, ранньому і дружньому дозріванню і т.д. До способів добору на покращення якості тетраплоїдів, крім того, застосовується подвійний цитоконтроль (на маточному буряку і штеклінгах) з метою вибраковування анеуплоїдів, а також створення синтетичних аутотетраплоїдних популяцій гібридного походження з добром високоврожайних насінників.

Більш високій якості насіння гібридів сприяє повнота запилення від гарної пилкоутворюючої здатності і синхронності цвітіння компонентів схрещування. Виділяти генотипи одноросткового буряка з підвищеною схожістю насіння можна наступними методами добору: шляхом випробування на схожість при низьких температурах (від 2 до 4⁰C), за силою росту, при глибокому посіві насіння (більше 10 см), за потужністю розвитку первинної кореневої системи.

Методика і техніка селекційного процесу

Дворічний цикл розвитку буряка визначає специфіку схеми селекції цієї культури, збільшуючи вдвічі строк створення сорту і гібриду. Характерна особливість селекції буряка – її безперервність. Гетерозиготність і популяційний характер усіх існуючих сортів за більшістю практично цінних ознак обумовлюють необхідність ведення систематичного добору. Правильне регулювання запилення – основа успіху селекції цукрового буряка.

Необхідна умова збереження високих якостей матеріалів добору при вирощуванні насіння – строга ізоляція. Висадки в межах відповідної групи добору розміщують в посівах озимини і інших посівах на відстані 100 – 200 м один від одного, а різні групи за спрямуванням добору або специфічними ознаками розміщують на відстані 500 м. Число ізольованих ділянок (клуб) у селекційному закладі переважно 100 – 200 і більше. На кожній клубі розміщують від одного до декількох зразків з чисельністю коренів від 100 до 2 – 3 тис.

У практичній селекції використовують різноманітні прийоми для прискорення селекційного процесу. Теплиці дають змогу при відповідному регулюванні довжини дня, температури і інтенсивності освітлення вирощувати вихідний матеріал за однорічним циклом. Наявність теплиць дає змогу інтенсифікувати одержання самозапиленних ліній. Перенос рослин на початку цвітіння з теплиць у природні умови рано навесні, коли проявляються понижені температури, дає можливість досить успішно використовувати явище псевдонесумісності.

В буряка через високу ступінь самонесумісності утруднене збереження відповідних генотипів. При вегетативному розмноженні забезпечуються збереження і розмноження кращих нащадків. Переважно методика ґрунтується на розрізуванні коренів-педігрі на 6 – 8 частин, з яких одну частину використовують для клонування, а решту – для одержання насіння.

Методи швидкого вегетативного розмноження ґрунтуються на обробці гібберелловою кислотою верхівкових точок росту рослин другого року життя, що призводить до істотного росту стебел і розвитку бруньок у пазухах листків на стеблах. Пазушні бруньки відокремлюють, укорінюють і отримують нові рослини у більшій кількості.

Стало можливим індивідуальне репродукування буряка в нелімітованих кількостях засобами меристемної культури. Культура клітин забезпечує індукування мутацій з допомогою хімічних і фізичних мутагенів. Методика роботи з протопластами дає змогу

проводити схрещування, які

Схема селекції цукрового буряка

Рік

Елементи схеми

Селекційний розсадник

1 Проведення доборів родоначальних рослин у селекційному розсаднику, куди включають одноросткові, поліплоїдні, диплоїдні, гібридні і лінійні форми. В розсаднику вивчають переважно гібридні популяції.

Насінники родоначальників

2 Розмноження продуктів добору і клонування їх для прискореного розмноження з метою регулювання запилення. Пробні схрещування (А х В), (В х Г), (А х Г) і т.д. з метою добору пар, які проявляють ефект гетерозису. Літні посіви свіжозібраним насінням.

Селекційно-порівняльне випробування

3 Попереднє випробування нащадків родоначальників, включаючи лінійні і гібридні матеріали.

Насінники рекордистів (станційної еліти) і від клонів

4 Вирощування насінників від зразків-рекордистів, а також від клонів і повторення більш перспективних пробних схрещувань (А, В, Г, А х В і т.д.).

Основне станційне випробування

5 Випробування репродукції нащадків родоначальників і продуктів схрещувань (А, В, Г, А х В і т.д.).

6 Друге основне станційне і екологічне сортовипробування на сортодільницях.

7 Репродукційний посів насінням еліти (А, В, А + В).

8 Насінники насіневої еліти (А, В, А х В).

9 а) Державне сортовипробування;

б) Попередній маточний посів (А, В, А + В).

10 а) Повторне держсортвипробування насіневої еліти;

б) Насінники фабричного насіння (А, В, А + В).

11 Державне сортовипробування при посіві насінням фабричної генерації (А х В).

12 Маточний посів насінням насіневої еліти (А х В).

13 Насінники фабричного насіння (А х В).

14 Посів фабричного буряка (А х В).

Примітка: Знак „+” означає змішування насіння; знак „х” – гібридизацію. *Станційна еліта* – плоди і супліддя, які використовуються на всіх етапах селекційного процесу; *насінева еліта* – плоди і супліддя, що використовуються для посіву маточного буряка.

раніше були неможливими, і вирішувати безліч проблем у селекції на стійкість до хвороб. Культура *in vitro* дає можливість одержувати гаплоїдні рослини, що представляють великий інтерес для створення гомозиготних форм.

У багатьох селекційних установах для прискорення селекційного процесу порівняльні випробування проводять у різноманітних умовах виробництва (попередники, площі живлення, строки посіву і збирання, забезпеченість поживними речовинами).

Система сортовипробування цукрового буряка включає станційне, екологічне і державне випробування. Екологічне випробування проводять за вдосконаленою методикою. Всі зразки вивчають у сквозному наборі в різних зонах бурякосіяння. Селекційні установи передають для випробування не більше шести зразків. Вивчення зразків сквозним набором дає змогу провести обробіток з використанням статистичних методів. Після однорічної оцінки в екологічному випробуванні зразки передають на державне сортовипробування, згідно методики.

Виконання селекційних програм з використанням МС-ліній, закріплювачів 0-типу, багаторосткових комбінаційно цінних ліній-запилювачів, способів рекурентного добору не під силу одному колективу. Тому більшість установ, які проводять селекцію цукрового буряка, кооперуються між собою і спеціалізованими фірмами інших країн.

Особливості селекції кормового буряка

Незважаючи на більш раннє становлення кормового буряка як культурної рослини,

порівняно з цукровим буряком його селекційне вдосконалення проводиться менше. Виділення згідно наведеної вище систематиці сортів кормового буряка в окремі групи різновидностей у межах одного виду обумовлено виключно відмінностями в їх господарському використанні. Між сортами і формами цих культур не існує бар'єра несхрещуваності, і всі принципи селекції загальні, різняться лише за спрямуваннями господарського використання.

Для польового кормовиробництва необхідні нові одноросткові сорти і гібриди кормового буряка з вмістом сухих речовин у корнеплодах 13 – 17%, придатних для механізованого збирання. Різноманітність ґрунтово-кліматичних умов обумовлює вирощування різних сортотипів кормового буряка.

Створення генетично стабільного одноросткового кормового буряка – актуальне завдання селекції. Визначають наступні її напрямки: 1) створення одноросткового кормового буряка з високим вмістом сухих речовин, з повністю зануреними в ґрунт корнеплодами, які придатні для відгодівлі худоби; 2) одержання сортів з низьким вмістом цукру (10 – 12%), але також з повністю зануреними в ґрунт корнеплодами, що придатні для раціонів усіх видів худоби; 3) створення продуктивних одноросткових сортів кормового буряка типу Еккендорфський жовтий, Еккендорфський червоний і Напівцукровий білий.

Селекція одноросткового кормового буряка типу Еккендорфський жовтий проводиться з використанням насичуючих схрещувань з залученням за джерело одноростковості цукрового буряка з одночасною стабілізацією овальної і конусовидної форми корнеплодів. В Інституті землеробства за донори одноростковості використовують зразки світової колекції ВІР, ЦГРР. Ступінь одноростковості становить 98,9%.

Досягнення селекції

Селекцію цукрового буряка в Україні проводять в Інституті цукрового буряка, який має широку мережу дослідно-селекційних станцій. Створена низка високоврожайних сортів і гібридів.

Видатним досягненням українських селекціонерів М.Г. Бордонос, В.П. Зосимовича, О.К. Коломієць, Г.С. Мокана і ін. було створення одноросткового буряка, яке дало змогу істотно зменшити витрати ручної праці або повністю виключити її при формуванні густоти посіву фабричного буряка. Найбільшого поширення одержав сорт Ялтушківський однонасіневий – високопродуктивний, пластичний, відносно стійкий до церкоспорозу і борошнистої роси. Широко залучений як вихідний матеріал при селекції на гетерозис. На основі вихідного матеріалу Ялтушківської і Білоцерківської дослідно-селекційних станцій, створена серія одноросткових сортів і гібридів.

Істотних успіхів у підвищенні врожайності цукрового буряка досягнуто шляхом використання експериментальної поліплоїдії. Потенційні можливості полігібридів високі. Вони сполучають високу врожайність з одноростковістю. З 1964 р. площі під поліплоїдами буряка постійно збільшувалися, досягнувши наприкінці 70-х років минулого століття 1 млн. га. Через низьку якість насіння, складне насінництво, а також в результаті впровадження серії нових одноросткових сортів-популяцій і ЧС-гібридів посіви їх скоротилися.

Селекційна робота з анізоплоїдними гібридами припинена, і подальші перспективи поліплоїдії пов'язані з використанням ЦЧС. Важливе досягнення селекції – створення гібридів цукрового буряка на чоловічостерильній основі. Першим гібридом на основі ЦЧС став Ювілейний – (ЧС-лінія х одноростковий запилювач 0-типу) х багаторостковий запилювач. Співвідношення рядків при посіві 5 : 1, насіння материнського компонента збирають окремо. Гібрид створений на Верхняцькій дослідно-селекційній станції. За збором цукру перевищує стандарт на 0,45 – 0,7 т/га. Він має гарні посівні якості насіння, рівномірну зануреність коренів у ґрунт, стійкість до цвітущості.

Перше районування сортів кормового буряка проведено в 1943 р. Сорти кормового буряка відносяться в основному до двох типів: 1) типово кормові – з високою врожайністю і низьким вмістом сухої речовини (9 – 13%) у корнеплодах; 2) напівцукрові, які поступаються за врожайністю першим, але відрізняються підвищеним вмістом сухої речовини (14 – 17%) і пристосовані до машинного збирання.

Всі сорти кормового буряка відносяться до наступних основних сортотипів: Еккендорфський жовтий, Еккендорфський червоний, Еккендорфський білий, Лейтевіцький, Баррес, Танкорд, Маммут, Напівцукровий зеленоголовий і Напівцукровий рожевоголовий. Вони стали основою створення великого числа закордонних і українських сортів.

Селекція кормового буряка проводиться в Інституті землеробства, Інституті фізіології і генетики, Полтавському Інституті агропромислового виробництва.

До Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні внесено 103 сорта і гібрида цукрового, 31 – кормового і 30 – столового буряка.