

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК
Державна установа Інститут зернових культур

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ:

АДАПТИВНА СЕЛЕКЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН

для підготовки докторів філософії зі спеціальності 201 – Агрономія

Дніпро
2019

Конспект лекцій з дисципліни «Адаптивна селекція сільськогосподарських рослин» для підготовки докторів філософії спеціальності 201 – Агронія / Б. В. Дзюбецький, В. Ю. Черчель. Дніпро: ДУ ІЗК НААН, 2019. 100 с.

Укладачі: Дзюбецький Б. В., доктор сільськогосподарських наук, професор;
Черчель В. Ю., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник.

Зміст

	Стор.
Вступ.....	4
1. Напрями екологічної селекції сільськогосподарських рослин...	7
2. Селекція на стійкість рослин до абіотичних чинників.....	11
3. Підвищення пристосувального потенціалу і стратегія боротьби з шкідниками і хворобами в системі адаптивної селекції.....	15
4. Значення державних програм у вирішенні задач адаптивної селекції.....	22
5. Сорт як головний чинник інтенсифікації адаптивного рослинництва.....	23
5.1. Роль сорту в адаптивній системі аграрного виробництва.....	23
5.2. Сортова агротехніка і агроекологічний паспорт сорту.....	28
5.3. Сучасні адаптивні сорти і специфіка їх адаптивних реакцій в системі сортовипробування і в умовах виробництва.....	30
5.4. Роль селекційних центрів і системи сортовипробування в створенні сортів з широким адаптивним потенціалом.....	36
6. Екологічна пластичність сорту. Методи оцінки адаптивної здатності сортів.....	46
7. Еколого-генетичні основи адаптивної селекції.....	50
8. Реалізація адаптивного потенціалу рослин у нових умовах існування.....	62
8.1. Дослідження рослин на різних ієрархічних рівнях.....	62
8.2. Адаптивність як інтегральний показник життєвості рослин....	67
9. Біотехнологічні аспекти адаптивної селекції.....	76
10. Механізми (молекулярно-генетичні, фізіолого-біохімічні, морфологічні, онтогенетичні), що визначають адаптивність рослин культурних видів до умов навколишнього середовища....	82
10.1. Теоретичні та прикладні аспекти оцінки параметрів життєздатності рослин культурних видів в нових умовах зростання.....	91
Список літератури.....	99

Вступ

Як природничо-наукової бази формування ринкових механізмів економіки і регуляторних функцій держави повинні виступати принципи переходу до адаптивного сільському господарству. Під адаптивним підходом в сільському господарстві мається на увазі система отримання сільськогосподарської продукції, що забезпечує максимальну окупність біологічної продукцією кожної одиниці введеної в агроecosystem антропогенної енергії.

Актуальність адаптивної концепції зараз різко зросла через необхідність створення принципово нової доктрини продовольчої безпеки країни. Особливу важливість і значимість адаптивна концепція набуває на тлі прогнозів міжнародних експертів ВООЗ і ФАО про кризу в забезпеченні значної частини населення продовольством і прісною водою - цієї найважливішої складової екологічної проблеми, що загострилася через глобальне потепління та тотальні зміни клімату.

Однією з причин кризового стану сучасного сільського господарства є «зрівняльність» систем сільськогосподарського природокористування та порушення вимог щодо розміщення культивованих видів і сортів рослин в суворій відповідності з особливостями їх адаптивного потенціалу, тобто в найбільш сприятливих для їх обробітку ґрунтово-кліматичних макро-, мезо- і мікронах. Подальший прогрес в цій сфері пов'язаний з широким використанням в процесі інтенсифікації сільськогосподарського виробництва методів адаптивної селекції і насінництва рослин, які повинні стати ключовою ланкою селекції XXI століття.

Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин є складовою частиною адаптивного рослинництва, і їм належить провідна роль в біологізації і екологізації інтенсифікації процесів.

В цілому, напрямок адаптивної системи селекції в даний час стало пріоритетним у всьому світі, виступаючи в якості одного з найважливіших чинників переходу до адаптивного рослинництва. При цьому суть адаптивної системи селекції в розробці методів ендогенного і екзогенного управління адаптивними реакціями рослин з метою підвищення продукційних, природоохоронних і функцій ресурсозбереження агроecosystem і агроландшафтів, є відтвореним ресурсом біосфери в довготривалій перспективі.

Способи управління адаптивними реакціями рослин не можуть бути розроблені без використання досягнень в області генетики, ботаніки, екології, фізіології, мікробіології, ґрунтознавства та інших наук.

Під адаптивною селекцією сільськогосподарських рослин мається на увазі виведення сортів культурних рослин, що володіють високим адаптивним потенціалом. Дж. Ацци назвав такі сорти сортами-трудівниками і протиставив їх сортам-рекордсменам.

Адаптивний потенціал – межа стійкості культурних рослин до

несприятливих факторів: комах-шкідників, засміченості посіву, хвороб, посухи, засолення ґрунту, холоду. Селекція на підвищення адаптивного потенціалу, основний напрямок адаптивної селекції, було основою «народної селекції», при якій не ставилося завдання отримання рекордних урожаїв, а цінувалася стійкість рослин до несприятливих кліматичних умов і хвороб. Створювати сорти з широким адаптивним потенціалом дозволяло вирощування та добір вихідного матеріалу в різних екологічних нішах.

При адаптивному підході до селекції сільськогосподарських рослин підбираються сорти культурних рослин, найбільш відповідні ґрунтово-кліматичних умов району. Так, Вавилов Н.І. писав про те, що землеробство бажано «осеверить», але в добре забезпеченому опадами Нечорнозем'я вирощувати не пшеницю, а жито. Сьогодні (поряд з ячменем і вівсом) жито становить основу рослинництва північних районів Німеччини, а також Фінляндії, Швеції, Норвегії.

Вавилов Н. І. вважав, що в південній частині степової зони пшеницю слід замінити на сорго, яке він образно називав «верблюдом рослинного світу». В даний час в Італії, Іспанії та Франції площі посівів сорго збільшилися в 30-60 разів.

Порушення вимог адаптивного потенціалу веде до різкого подорожчання сільськогосподарської продукції або взагалі до «нульового ефекту», коли інтродуковані в нові райони рослини не приживаються. Наприклад, спроби обробітку кукурудзи далеко на північ від ареалу її поширення або вирощування чайного куща в Закарпатті.

На думку Жученко А. А., «адаптивна система селекції рослин – найважливіша сфера практичного використання фундаментальних знань». Безперечно, найважливішою особливістю інтенсифікації рослинництва є його «... орієнтація на найбільш ефективне використання адаптивних (приспосувальних) і адаптують (покращуючи середовище) властивостей найважливіших біотичних компонентів агробіоценозів, і, в першу чергу, культивованих видів і сортів рослин». Необхідно інтенсивне використання рослинних ресурсів для потреб селекції, оскільки «реальні успіхи сучасної селекції безпосередньо пов'язані з пошуком і подальшим використанням генетичних донорів адаптивно-значимих і господарсько-цінних ознак».

Також Жученко А. А. вказує на те, що з адаптивністю сільськогосподарських рослин, тобто їх стійкістю, здатністю протистояти дії факторів середовища, нерозривно пов'язане підвищення їх продуктивності. Внесок селекції в підвищення врожайності найважливіших сільськогосподарських культур за останні 30 років оцінюють в 40-80 %. У майбутньому роль біологічної складової, і в першу чергу, селекційного поліпшення сортів і гібридів в підвищенні величини і якості врожаю буде безперервно зростати.

Характерною особливістю адаптивної системи селекції є взаємозв'язок селекційного, сортовипробні і насінницької процесів. До атрибутів адаптивної системи селекції відносяться етапи збору та ідентифікації

генофонду, селекції, сортовипробування та насінництва.

Таким чином, адаптивна система селекції забезпечує функціональну взаємозв'язок етапів створення нових сортів, їх державного випробування, організації насінництва, а також розвиток таких якісно нових напрямків селекції, як біоценотична, біоенергетична, симбіотична, едафічна та ін.

Крім того, положення про адаптивний потенціал і пропоновані шляхи переходу до адаптивної інтенсифікації рослинництва затребувані, і їх широко використовують в селекційних центрах, зональних системах землеробства, галузевих науково-виробничих програмах, науково-практичних посібниках та рекомендаціях, методиках, посібниках, концепціях, монографіях і підручниках.

1. Напрями екологічної селекції сільськогосподарських рослин

Селекції та насінництва належить першорядна роль у вирішенні актуальних проблем адаптивної інтенсифікації рослинництва. Сучасної інтегрованої системи землеробства відповідає технологія адаптивної інтенсифікації селекційного процесу, при якій актуалізується і виходить на перший план принцип ресурсозбереження. Особливістю етапу адаптивної інтенсифікації селекційних технологій є розробка і освоєння методів гетерозисної селекції, біотехнології (культури *in vitro*), генетичної інженерії та ін. Створення цільових (під замовлення) вузькоспеціалізованих сортів, що відповідають заданим параметрам технології «точного» землеробства, забезпечують біотехнологічна і генно-інженерна технології селекції.

Біологічної системи землеробства відповідає технологія екологічної селекції, принциповими відмінностями якої є те, що процес виведення сортів повинен здійснюватися без використання хімічних пестицидів, мінерального азоту, мутагенезу методами класичної генетики - гібридизацією і відбором.

Під екологічною селекцією розуміється сукупність прийомів і методів, що забезпечують отримання сортів і гібридів з максимальною і стійкою продуктивністю в умовах передбачуваного регіону обробітку при дотриманні екологічно безпечної технології культивування та мінімального накопичення шкідливих речовин в продукції.

До трьох взаємозалежних напрямків екологічної селекції рослин відносять адаптивну селекцію, селекцію енергетично ефективних сортів і селекцію на зниження вмісту шкідливих речовин у продукції.

В екологічній та екотіпічеській селекції можливе використання «доместікаційного синдрому» з метою введення в культуру нових видів і екотипів рослин. На жаль, технології екологічної селекції поки не отримали широкого розвитку.

Адаптивна селекція спрямована на підвищення стійкості рослин до біотичних і абіотичних факторів середовища. Основними її особливостями, на відміну від традиційних підходів, є (Кільчевський А.В., 1987; Кільчевський А.В., Хотильове Л.В., 1989):

- регіональний характер і екологічна спрямованість, орієнтація не на потенційну, а на реальну продуктивність;
- єдина стратегія підбору фонів на всіх етапах селекційного процесу, комплексна оцінка параметрів фону (типовості, диференціює здатності, продуктивності), оптимізація розміщення селекційних установ, пунктів екологічного та державного сортовипробування, обґрунтований вибір агрофонів, а також контроль за фоном для відбору за допомогою сортів-тестерів);
- відбір на продуктивність і стабільність на різних етапах селекції, розробка методів оцінки загальної і специфічної адаптивної здатності та стабільності, інтегральних показників для виділення сортів «широкого ареалу», вибір селекційних схем, що дозволяють оцінити продуктивність і

стабільність на різних етапах селекції, включаючи ранні покоління $^3 ^5$);

- кооперація селекційних установ в регіоні при виконанні поставленого завдання;

- розробка нових методів створення сортів: селекція на гетерозис, багатолінійні суміші, періодичний відбір, використання гаплоїдів, переміщення селекційного матеріалу в межах регіону та ін.

На думку багатьох дослідників, до числа головних пріоритетів адаптивної селекції в майбутній період слід віднести:

- інтеграцію селекції в загальну стратегію розвитку адаптивного рослинництва, що базується в першу чергу на біологізації і екологізації інтенсифікації процесів. При цьому селекція розглядається хоча і в якості найважливішої, але лише складової частини адаптивного рослинництва і всього сільськогосподарського виробництва;

- підвищення не тільки продуктивних, але і ресурсощадних, а також ресурсовідновних функцій нових сортів і гібридів;

- загальнодоступність і агроекологічна адресність створюваних на її основі сортів і гібридів, що забезпечують використання наукомістких, зокрема ресурсощадних, природоохоронних і в той же час рентабельних технологій.

Останнім часом з'явилися і отримують розвиток нові напрями селекції: біоценотичні, едафічні, біоенергетичні та ін. Важливо, що розвиток також симбіотичного, апоміктичного і гаметного напрямків селекції.

Великим досягненням селекційної науки по кормовим культурам є розробка напрямки біоценотичної селекції, орієнтованої на створення сортів таких ресурсо-ефективних культур, як люцерна, конюшина лучна, білий і гібридний, лядвенець рогатий, вика яра та озима, люпин, однорічні бобові та багаторічні злакові трави.

Створені сорти кормових культур нового покоління на основі розробки принципів і методів селекції повинні забезпечити зниження витрат ресурсів на одиницю продукції на 30-40 %.

Ефективні методи едафічної селекції розроблені для кислих ґрунтів, що займають великі площі в Поліссі. Вони забезпечують створення стійких до кислотності ґрунту і токсичності алюмінію сортів конюшини, люцерни і злакових трав. Наприклад, сорт конюшини лугової Топаз формує 12 т/га сухої речовини на кислих ґрунтах при рН 4,5. Створено кислотостійкої сорт люцерни Селена, який на кислих ґрунтах дає врожайність 8,7 т/га сухої речовини, яку можна порівняти з врожайністю цієї культури на окультурених родючих ґрунтах, і забезпечує збір з 1 га 2,1 т протеїну.

На основі передових методів селекції вперше в Росії створені принципово нові сорти кормових рослин, здатні відновити агробіорізноманіття та збільшити в 2-3 рази кормову продуктивність деградованих пасовищних земель.

Важливим є напрямок селекції на підвищення якості врожаю, зокрема на вміст біологічно цінних речовин (білків, клейковини, цукру, жиру,

вітамінів і ін.), смак, товарний вигляд і т.д.

Необхідно вести пошук нових поєднань генотипів, які дозволять підвищити не тільки величину врожаю, а й поєднати в сортах високу потенційну продуктивність і стійкість до дії абіотичних і біотичних факторів, а також продукційних, фітомеліоративної, фітосанітарних, ресурсовідновних, естетичних та ін. В перспективі слід розвивати напрями селекції на високу конкурентну спроможність, стійкість до шкідників, забруднення повітря і ін.

Адаптивна селекція максимально орієнтована на використання інформаційних ресурсів, що потенційно містяться в селекційних експериментах. Ефективне використання в селекційній практиці інформаційних технологій і застосування поглибленого теоретичного аналізу результатів реалізації конкретних селекційних програм на основі математичного забезпечення залежить від теоретичного обґрунтування змісту інформації, необхідної для управління технологією селекційного процесу і технологією формування, збереження і використання інформації. Успішне використання інформаційних ресурсів і комп'ютерної техніки можливо тільки за умови, що технологія селекційного процесу істотно зміниться в ставленні принципів і методів реєстрації інформації про об'єкти селекції в селекційних експериментах,

Принципова схема інформаційного і математичного забезпечення адаптивної селекції, вихідним пунктом в структурній схемі є теоретичне обґрунтування технології селекційного процесу з акцентуванням уваги на генетичних механізмах, при управлінні якими і буде досягнутий певний успіх. Це передбачає обґрунтування теоретичних моделей: фізіолого-генетичної для вихідного матеріалу і системної (моделі макросистеми) для селекційного матеріалу.

Теоретичні моделі містять обґрунтування реалізації конкретних програм селекції і управління генетичними механізмами. Це, в свою чергу, передбачає теоретичне обґрунтування простору ознак, за допомогою яких буде можливо ідентифікувати генетичну специфічність вихідного матеріалу і контролювати досягнутий результат, тобто оцінювати цінність селекційного матеріалу.

Теоретичним обґрунтуванням селекційної програми є вихідний пункт для обґрунтування змісту селекційних експериментів і методик проведення обліків і спостережень, змісту інформації, що реєструється в селекційних експериментах.

Ефективне використання одержуваної в селекційних експериментах інформації можливо тільки за умови використання засобів інформаційних технологій. Доцільно створювати електронні журнали реєстрації проведених обліків і спостережень, а на основі їх статистичної обробки створювати банки предметних знань з використанням штатних можливостей пакетів прикладних програм Excel 10 і Статистика 6.0.

Бази предметних знань містять всю інформацію в формі реєстрованих ознак і властивостей конкретних досліджуваних форм вихідного і

селекційного матеріалу. Ці бази даних є вихідним пунктом для теоретичного аналізу.

З розглянутої принципової структурної схеми можна зробити висновок, що сучасна технологія селекційного процесу функціонально є цілісною і її вдосконалення можливо, виходячи з принципів системного підходу. Зміна одного з ланок технології вимагає відповідної її функціональної ув'язки. Вирішальну роль в сучасній технології селекційного процесу відіграє успішне використання інформаційних технологій та комп'ютерної техніки.

2. Селекція на стійкість рослин до абіотичних стресів

Підвищення стійкості сортів до несприятливих факторів зовнішнього середовища - неодмінна умова біологізації і інтенсифікації процесів в рослинництві. У майбутній період підвищення стійкості сортів до стресових ситуацій, обумовленим абіотичних факторів, буде ставитися до пріоритетних напрямів селекції.

У зв'язку з прогнозом фахівців про невідворотні зміни клімату до критичної межі стискаються терміни розробки новітніх методів і створення на їх основі сортів, комплексно стійких до посухи, екстремальних температур, кислотності, засолення та інших стресових факторів середовища.

На думку вчених, передбачається, що в найближчі 30-40 років темпи підвищення температурного режиму будуть перебувати в межах 1⁰С за десятиліття. В останні роки в результаті глобальної зміни клімату в літній період в республіці, особливо в її Південній зоні, спостерігаються часті посухи. Більшість традиційно вирощуваних культур не можуть давати високу врожайність в поганих погодних умов, що призводить до значного недобору продукції. Одним із шляхів, що дозволяють подолати наслідки посух, є використання сортів культур, які здатні витримати подібні екстремальні умови.

Негативні наслідки потепління клімату для сільськогосподарського виробництва можуть бути пов'язані зі зменшенням кількості опадів в Південній і Центральній зонах республіки, особливо навесні. Слід очікувати збільшення кількості екстремальних аномалій. Клімат стане більш непередбачуваним, що утруднить адаптацію до нього.

У зв'язку з цим перспективно введення в культуру нових видів олійних, зернових, зернобобових, цибулинних, коренеплодів і бульбоплодів, багато з яких стійкі до абіотичних стресів. З цієї ж причини очікується збільшення масштабів селекційної роботи з такими культурами, як жито, овес, сорго, просо, нут, ріпак, гречка, однорічні та багаторічні злакові та бобові трави і нові види посухостійких зерно-кормових просоподібних культур.

Селекція на стійкість до несприятливих факторів середовища передбачає наявність відповідного вихідного матеріалу, використання різних штучно створених фонів для вивчення вихідного і селекційного матеріалу, широке його екологічне випробування і комплексну оцінку селекційного матеріалу, починаючи з ранніх етапів селекції.

Від успіхів у підвищенні стійкості сортів до несприятливих факторів середовища в першу чергу залежить зростання величини і якості врожаю в несприятливих, а, тим більше, екстремальних умовах. А це, в свою чергу, зумовлює все більшу увагу до використання для виведення таких сортів методів міжвидової гібридизації та індукованого рекомбіногенеза.

Спрямованість селекції визначають кількісні характеристики і прояв в часі і просторі абіотичних і біотичних факторів. З даних таблиці 1 видно природна зв'язок напрямків селекції з абіотичних та біотичних факторів.

Зв'язок абіотичних і біотичних факторів з напрямками селекції

Фактори	Ознака
Кліматичні: світло	Збільшення фотосинтетичного потенціалу з урахуванням ярусності листя і їх просторової орієнтації. Підвищення ККД використання рослиною ФАР.
тепло	Тривалість вегетаційного періоду; холодо-, посухо- і жаростійкість.
Повітря (його склад і рух)	Склад і концентрація компонентів при селекції зернових культур поки не враховуються. У зонах підвищеної вітрової діяльності - стійкість до дефляції ґрунту і вилягання стебла.
Волога (включаючи опади у різних формах), вологість ґрунту, вологість повітря	Стійкість до ґрунтової посухи; ефективне використання рослинами так званого «липневого максимуму опадів». Стійкість до проростання зерна на корені. Стійкість до вилягання стебла.
Едафічні (ґрунтові фактори): механічний і хімічний склад ґрунту, її фізичні властивості і т.д.	Чуйність на високий рівень мінерального живлення; стійкість до засолення і закислення ґрунтів.
Гомотипові реакції (внутрішньовидові взаємодії): груповий ефект масовий ефект внутрішньовидова конкуренція	Реакція сортів на норму посіву. Реакція сортів на підвищену щільність агрофітоценозів. Селекція на ефективне використання ресурсів родючості, а також на високу виживаність рослин.
Гетеротипові реакції (взаємодії між різними видами): нейтралізм	Необхідно враховувати при створенні компонентів для складних агрофітоценозів.
Конкуренція	Селекція сортів на високу конкурентну спроможність в боротьбі з іншими видами.
Мутуалізм (симбіоз)	У селекції зернобобових культур, що знаходяться в симбіозі з бульбочкових бактерій <i>Rhizobium</i> , цей вид взаємодії враховується недостатньо. Проте селекція на освіту в зоні ризосфери культурних рослин азотфіксуючих бактерій перспективна.
Аменсалізм	Зазвичай мають місце алелопатичний вплив одного виду на інший в селекції до теперішнього часу не враховувалися.
Паразитизм	Селекція на імунітет до хвороб і рослинам-паразитам.
Хижацтво	Селекція на витривалість рослин до пошкоджень шкідниками.
Антропогенний	Селекція як еволюція культурних рослин: створення сортів з високою врожайністю і підвищеними технологічними і харчовими якість продукції; створення сортів з метою розширення ареалу селектуємих культури; створення сортів, чуйних на високі дози мінеральних добрив і зрошення; селекція на стійкість до вітрової ерозії, забруднення атмосфери, гербіцидів і т.п.

При створенні сортів не враховують ставлення сорту до довжини світлового дня і фізіологічні основи підвищення насінневої продуктивності.

Високу потенційну врожайність сортів і гібридів не вдається реалізувати через систематичні засух, суховіїв, морозів, заморозків та інших екстремальних факторів. Це і зумовлює завдання селекції на поєднання високої потенційної врожайності зі стійкістю до абіотичних стресів.

Сорти, що поєднують високу потенційну продуктивність зі стійкістю до стресів, здатні забезпечити зростання величини і якості врожаю і зниження витрат невідновних ресурсів. Завдання селекції на поєднання високої потенційної врожайності зі стійкістю до абіотичних стресів зумовлює неможливість реалізації високою потенційною врожайністю сортів через екстремальних факторів зовнішнього середовища, оскільки прийоми, що підсилюють ріст рослин, одночасно сприяють зменшенню їх стійкості до екологічних стресів.

Зазвичай більш врожайні сорти дуже чутливі до абіотичних стресів, а висока стійкість до стресів сорти зазвичай поєднується з низькою їх продуктивністю. Для нерегульованих в польових умовах факторів зовнішнього середовища (температура, освітленість, вологозабезпеченість) повинні бути сорти з низьким рівнем чуйності на зміну зазначених параметрів для забезпечення максимальної рівномірності прояви господарсько-цінних ознак. Якщо ж фактори зовнішнього середовища виявляються регульованими, наприклад, вологозабезпеченість в умовах зрошення, температура при вирощуванні рослин в теплицях і ін., То бажано, щоб рівень чуйності сортів на них був якомога вище.

Ретроспективний аналіз зміни екологічної ситуації за останні три десятиліття свідчить про зміну негативного впливу комплексу стресових факторів на рослини і про посилення дефіциту імунітету у останніх. Чим триваліше дію екологічного стресу, тим більше часу потрібно рослинам для відновлення нормального протікання метаболічних, в тому числі і ростових процесів. Причому в умовах обмеженого вегетаційного періоду подібні ситуації призводять до різкого зниження врожайності. З іншого боку, механізми підвищення толерантності рослин нерідко пов'язані з уповільненням зростання і навіть його повною зупинкою.

Болдирев М. І. та ін. (2008) вважають холодової і кисневий фактори головними або первинними стресом. Всі інші негативні абіотичні фактори віднесені до вторинних стресів. Функціонування механізмів стійкості до абіотичних стресів забезпечується більшою мірою за рахунок наявності необхідних фізіологічно активних речовин (антиоксидантів) або здатності синтезувати їх в необхідних кількостях в потрібний момент.

Практично всі прийоми агротехніки дозволяють в більшій мірі регулювати ріст і розвиток рослин на етапах вегетативного розвитку, ніж генеративних процесів. Для підвищення стійкості рослин до абіотичних стресів можливе використання макро- і мікродобрив. За рахунок

диференційованого застосування фосфорних і калійних добрив можна підвищити холодостійкість і морозостійкість рослин тощо.

Компенсувати недостатній рівень адаптивності сортів в несприятливих умовах зовнішнього середовища дозволяє використання фізіологічно активних речовин. З їх допомогою вдається підвищити посухостійкість рослин і забезпечити оперативне управління адаптивними реакціями рослин протягом вегетаційного періоду.

Обробіток в кожному господарстві 3-4 сортів зернових культур також створює умови для ліквідації негативних наслідків посух та інших несприятливих абіотичних чинників.

Екологічні стреси призводять до уповільнення і навіть припинення ростових процесів. Генеративні органи рослин в найменшій мірі захищені від дії екологічних стресів. Тому в селекційно-агротехнічних програмах підвищення стійкості сорту до несприятливої дії факторів зовнішнього середовища в критичні етапи онтогенезу має бути приділена першочергова увага.

Здібності сортів протистояти впливу абіотичних стресів в даний час приділяється особлива увага. Причина полягає в тенденції, що намітилася збільшення розриву між потенційною і фактичною врожайністю сільськогосподарських культур (звичайне співвідношення 4:1), зростання залежності величини і якості врожаю від використання засобів інтенсифікації (добрив, засобів меліорації, пестицидів, зрошення та ін.) і погодних умов, оптимізувати які за рахунок використання засобів інтенсифікації не вдається (варіабельність врожайності по роках на 60-80 % зумовлена погодними умовами).

Перспективним є напрямок едафічної селекції. Необхідне створення сортів з толерантністю до підвищеної кислотності, засолення і солонцюватих ґрунтів, токсичного вмісту в них солей металів і нестачі елементів живлення.

Селекція на стійкість культивованих рослин до еродованих, важким і перезволожених ґрунтів дозволить значно знизити витрату меліорантів і енергетичних ресурсів, забезпечуючи порівняно високу врожайність пшениці, ячменю, озимого жита та ін. Культур на раніше практично непридатних для сільськогосподарського використання земель.

3. Підвищення пристосувального потенціалу і стратегія боротьби з шкідниками і хворобами в системі адаптивної селекції

Селекція рослин на стійкість їх до шкідників і хвороб є частиною загальної селекції та спрямована на створення сортів, стійких до біотичних факторів середовища. Як частина селекції цей напрям використовує класичні прийоми: створення популяцій і власне відбір. У той же час селекція на імунітет має свої особливості, пов'язані з проявом ознаки стійкості.

Класичні селекційні технології, засновані на методах внутрішньовидової і віддаленій гібридизації та відбору, взаємопов'язані з сучасними технологіями, що розширюють межі хворобостійкості рослин при збереженні і підвищенні рівня продуктивності і якості продукції.

В останні роки вкрай загострилася проблема стійкості зернових та інших культур до рас фузаріуму, Септор, склеротинії, церкоспорел, гельмінтоспоріуму і інших патогенів. Найгострішою продовжує залишатися проблема стійкості рослин до вірусів, віроїдів, картоплі – до фітофторозу, колорадського жука і інших шкідливих об'єктів.

У селекції на генетичний захист продукційного процесу від несприятливого впливу біотичних факторів зовнішнього середовища, зокрема шкідників і хвороб, виникає проблема адаптивності. В основі стійкості до шкідливих організмів лежить системна властивість макросистем рослин оптимально реагувати щодо формування макроознак «продуктивність» на динаміку зміни цього біологічного фактора. Тільки в цьому випадку мова йде про взаємодію біологічних систем паразит-господар, хід якого, в свою чергу, залежить від стану факторів екологічного середовища.

Відомо, що пластичний сорт забезпечує стабільну за роками врожайність не за рахунок стійкості до стресових факторів, а за рахунок витривалості (толерантності). Наприклад, сорт пшениці Миронівська 808, як і пластичний сорт Безостая 1, до хвороб сприйнятливий, однак протягом більше 20 років давав високу врожайність у виробничих умовах. Таким чином, в селекції на адаптивність основну увагу слід звертати не стільки на стійкість, скільки на толерантність.

На думку Ван Мансвельта Я. Д. (1999) і Молчан І. М. (1987), з популяції сорту необхідно відбирати рослини, які не абсолютно, а щодо толерантні до шкідників і хвороб і обов'язково з мінімальною поразкою. В цьому випадку патогени не приносять відчутної шкоди і, що дуже важливо, їх еволюція щодо стабілізована.

Вибір напрямку селекції на моно- або полігенну стійкість залежить від наявності джерел стійкості, темпів еволюції паразита, можливості і швидкості поширення нових рас паразита з первинних осередків їх виникнення і т.д.

При створенні сортів з польовою стійкістю актуальним є правильний вибір фону селекційного ділянки. Найбільш важливо в системі «рослина-

паразит-середовище» забезпечити просторову і тимчасову репрезентативність умов вирощування (в тому числі показників тепло- і вологозабезпеченості, наявності основних патогенів і т.д.) з метою виявлення генотипів, що поєднують високу стійкість до «критичним» в даній зоні факторів середовища з горизонтальною стійкістю до патогенів.

Однобічна орієнтація фону селекційного ділянки на відбір генотипів тільки з високою польовою стійкістю може привести до зниження загальної або специфічної адаптивності рослин і, отже, до відбору стійких до патогену форм, що мають порівняно низьку стійкість в несприятливих умовах середовища.

У селекції для перенесення генів специфічної стійкості зазвичай використовують методи схрещування і беккросів. З метою перенесення стійкості до хвороб як «моста» при схрещуванні можуть бути використані триплоїдні і амфідиплоїдні форми. Коли в геном культурного передається хромосома дикого виду, що несе стійкість, доцільно поєднання міжвидової гібридизації з використанням мутагенних чинників. Саме таким способом була перенесена від *Al. umbellulata* в *T. aestivum* стійкість до листової іржі.

На відміну від специфічної стійкості питання перенесення полігенною стійкості від диких видів культурним менш вивчений. Дикі види можуть бути джерелом як специфічної, так і польової стійкості. Для визначення можливості збільшення рівня стійкості доцільно використовувати популяції F₂ від схрещування ліній, що мають польову стійкість, здійснювати перенесення стійкості в кращі з точки зору господарської цінності генотипи, перевірку отриманих ліній проводити на більшій кількості фізіологічних рас гриба або штамів.

Літун П. П. та ін. (2007) розглядається можливість інтегральної оцінки генотипической специфічності вихідного і селекційного матеріалу за стійкістю до шкідливих організмів, тобто комплексною генетичною захисту із застосуванням методів і параметрів оцінки характеру прояви норми реакції на зміни зовнішнього середовища.

Інтегральну реакцію на шкідливі організми, тобто загальну оцінку генетичної захищеності, можна оцінити через обчислення геометричної середньої для оцінок стійкості (ураженості) по кожній проявляється хвороби в конкретному випробуванні. Окремий вид хвороби в цьому випадку розглядається як окрема градація біотичної середовища.

Для цього необхідно висловити оцінку ступеня ураження хворобою (% або бал) по відношенню до середнього значення для всіх випробовуваних селекційних форм ("адаптивної норми"). "Адаптивна норма" характеризує те граничне стан прояви хвороби, при якому досягається середнє компромісне узгодження витрачання накопичених ресурсів на продуктивність і генетичний захист.

Відсоток ураження (зворотна величина стійкості) при визначенні по вибірці чисельності 30 і більше рослин має нормальний розподіл, і тому для аналізу застосовні всі параметри цього статистичного розподілу подій: індекс

віддаленості $I_i = x_{ij} / x_j$ індекс інтегральної стійкості $I_i = \sqrt{\prod_i}$, що дозволяють зробити оцінку загальної вираженості генетичного захисту.

Коефіцієнт адаптивності до хвороб можна визначити за алгоритмом обчислення коефіцієнта екологічної пластичності, тобто як коефіцієнта регресії прояви реакції на конкретні хвороби конкретних селекційних форм на зміни середнього прояви випробовуваних селекційних форм хвороби в конкретному випробуванні.

Коефіцієнт адаптивності (КА) дає можливість порівняльної оцінки сортів за ступенем вираженості генетичного захисту до конкретних вивчених хвороб (комплексної стійкості). При цьому наявність селекційного матеріалу з різними значеннями КА вказує на наявність генотипів різноманітності за механізмами реакції, тобто на наявність різних типів за механізмами загальної генетичного захисту продукційного процесу.

Диференціація селекційного матеріалу за типами може проводитися методом кластерного аналізу аналогічно наведеним прикладом для оцінки норми реакції на зміни екологічного середовища. Зміна абсолютного значення КА в межах одного типу вказує на ступінь вираженості генетичного захисту врожаю.

Результати багатьох досліджень показують, що між загальною генетичною захищеністю (індекс інтегральної стійкості) і ступенем прояву реакції є негативна залежність.

При цьому є сорти з різним по специфічності реакцією на окремі види хвороб, тобто має місце наявність різних типів сортів по рівню і ступеню вираженості генетичного захисту від хвороб.

За результатами аналізу виділено чотири специфічних типу сортів за характером генетичного захисту. Перший і другий типи сортів мають характер адаптивності до хвороб на рівні "адаптивної норми". При цьому для першого типу характерний дещо вищий "адаптивної норми" рівень ураження хворобами за винятком курній головешки, а для четвертого - більш висока стійкість по всім видам хвороб. Сорти другого і третього типу характеризуються специфічною реакцією на запилену і тверду головешку. У сортів другого типу має місце сильна ураженість курній головешок, тоді як для сортів третього типу – твердої. Результати аналізу показують, що як по загальній вираженості генетичного захисту, так і за коефіцієнтом адаптивності до хвороб можна отримати взаємодоповнюючі оцінки селекційної цінності.

Тому реальна селекційна і генетична цінність вихідного і селекційного матеріалу може бути визначена по сполучуваності оцінок прояви різних сторін генетичного захисту і конкретно для певної ситуації поширеності і вірулентності окремих видів хвороб. Це передбачає системний аналіз результатів оцінок, проведених на двох фонах: природному і інфекційному, оскільки їх використання є важливою умовою підвищення ефективності селекції на імунітет.

Більш правильно підійти в процесі селекції до оцінки і відбору

вихідного матеріалу дозволяє вирішення питання з'ясування біохімічної природи стійкості рослин до хвороб і шкідників.

Наприклад, Жученко А. А. (2008, 2009) оцінював фітофторо- і нематодостійкість сортів томатів за змістом в рослинах α -томатину. Метлицький Л. В. (1976) вважає, що єдиною відмінністю, виявленим між стійкими і сприйнятливими лініями, є кількість і швидкість накопичення фітоалексинов, які утворюються у відповідь на інфікування.

Завдання підвищення стійкості рослин до хвороб і шкідників може бути успішно вирішена лише на основі інтегрованого підходу до системи «господар-паразит-середовище». На швидкість розвитку хвороби рослин, на думку Вандер Планка Я. (1977), впливає кожна зі сторін «трикутника», в якому взаємодіють рослини, патогени і навколишнє середовище (в тому числі і пестициди). Хвороби, як і викликають їх збудники, мають генотипічними системами, схильними до еволюційних змін.

В системі «генотип-середовище» для рослини і патогена середовище виступає загальним фактором. При цьому відносини між рослиною і патогеном обумовлені адаптивністю кожного з них до умов навколишнього середовища: їх невідповідність призводить або до епіфітотії, або до стійкості рослин. У тому випадку, якщо вектори впливу середовища на адаптивність господаря і паразита збігаються, можна розраховувати на їх збалансоване співіснування.

Цікавим є розгляд зв'язків між загальною і специфічною адаптивністю рослин до факторів зовнішнього середовища і стійкістю їх до патогенів. Встановлено, що збільшення загальної і специфічної адаптивності рослин за рахунок більшої модифікаційної або генотипової гетерогенності одночасно підвищує і їх стійкість до патогенів.

Наприклад, гібриди не тільки володіють високою адаптивністю, а й виявляються більш стійкими до ураження шкідниками та хворобами. При використанні гібридів Б: можуть бути отримані певні переваги і в плані поєднання горизонтальної і вертикальної стійкості.

На підставі сучасних уявлень про механізми імунітету і міжпопуляційних взаємодій рослин з патогенами запропоновані два напрямки підтримки тривалої стійкості сортів: селекція сортів з прогнозованою тривалою стійкістю і управління швидкістю мікроеволюції патогенів за допомогою поліморфних рослинних популяцій (мультилінійні сорти і змішані посіви) або політики сортосмени і сорторозміщення (мозаїки сортів).

До багатолінійних (мультилінійним) сортам відносять популяції, що складаються з окремих ліній, схожих за своїми агрономічними ознаками, але відрізняються один від одного генами стійкості. Так, в США були створені сорти вівса, стійкі до корончатої іржі, а в НПСХ Південного Сходу був створений мультилінійного сорту пшениці, стійкий до бурої іржі. Багатолінійні сорти створюються з метою забезпечення тривалої стійкості рослин до нових рас патогенів, що тісно пов'язано з підвищенням їх

адаптивного потенціалу за рахунок більшої гетерогенності популяцій. Створення і використання багатолінійних сортів необхідно, оскільки горизонтальна стійкість розглядається в якості одного з компонентів загальної системи адаптивності.

У тісному зв'язку з селекцією на загальну і специфічну стійкість до факторів зовнішнього середовища слід розглядати і питання поєднання горизонтальної і вертикальної стійкості рослин до патогенів. Як варіанти вирішення завдання створення сортів з горизонтальною або польовий стійкістю крім створення багатолінійних сортів Поляков І. Я. (1976) розглядає більш широке використання змішаних посівів. Змішані посіви організовують шляхом розміщення на одній ділянці суміші двох і більше видів і сортів. Вони мають високу ефективність проти листостеблових інфекцій – різних видів іржі, борошнистої роси, септоріозу зернових та ін.

Для стабілізації расо-творчих процесів крім створення змішаних посівів існують і такі способи управління популяціями фітопатогенів, як регулярна сортозміна і політика розміщення сортів з різними генами стійкості (мозаїка сортів).

При регулярній сортозміні або заміні одних сортів іншими сортами і введенні нових генів стійкості порушується ритм пристосування паразита, проте сортозміну треба здійснювати під імунологічним контролем популяції патогена.

В мозаїки сортів бажано включати як сорти з різними генами расоспецифічної, так і з полігенною неспецифічної стійкістю. Їх слід розміщувати в такій зоні, звідки неможливо масове переміщення інокулюму на сприйнятливі сорти. Прикладом успішної реалізації сортової мозаїки для захисту пшениці від фузаріозу колоса служать досягнення Краснодарського НІІСХ: загальними напрямками селекції стали відбір рослин на підвищену адаптивність і скорочений вегетаційний період, що підняло неспецифічну стійкість до фузаріозу і сприяло догляду сортів від хвороби.

Для вирішення проблеми захисту від епіфітотій були розроблені програми селекції і насінництва, що дозволяють управляти популяційних процесами патогенів та за рахунок цього надійно захищати рослини. Серед таких програм найбільше значення крім створення багатолінійних сортів також має виведення конвергентних сортів і сортів з полігенною стійкістю.

Конвергентні сорти - це сорти, що мають кілька генів стійкості, кожен з яких визначає специфічну стійкість до конкретної фізіологічної раси. Конвергентними ці сорти називають по типу схрещувань, що застосовуються в селекційній програмі, а сам прийом створення стійкого сорту шляхом об'єднання великих генів стійкості - створенням «піраміди генів». Наприклад, в США реалізовані програми створення конвергентних сортів льону, стійких до іржі, кукурудзи – до іржі і пухирчастої сажки, а в Австралії – пшениці, стійкої до стеблової іржі.

Програма селекції сортів з полігенною стійкістю заснована на використанні малих генів зі слабким ефектом. Вона не призводить до

розвитку патогена повністю, але затримує розвиток захворювання або знижує його інтенсивність за рахунок скорочення накопичення інокулюму. В результаті розвиток епіфітотії сповільнюється і втрати врожаю знижуються. Роботи зі створення полігенних сортів пшениці, стійких до різних іржі захворювань, ведуться в міжнародному центрі CIMMYT.

Для підвищення стійкості, в тому числі до патогенів, спеціалізованим до конкретних екотип сортів, використовуються насамперед місцеві сорти, які є носіями гену горизонтальної стійкості.

Місцеві сорти рослин є прикладом збіги загальної пристосованості до варіюючих факторів середовища і одночасно стійкості до патогенів. Крім місцевих сортів ними можуть бути екологічно віддалені екотипів, що дозволяють розширити і отримати якісно нові варіанти адаптивності, а також дикі види і напівкультурних різновиди, що несуть нові блоки адаптивності і дозволяють розширити амплітуду як загальної, так і специфічної адаптації.

Перед селекціонерами варто також задача створення сортів з неспецифічної, тобто незалежною від раси збудника стійкістю. Такий напрям в селекції забезпечує не максимальну стійкість рослин, яка досягається при імунітеті, а лише часткову, але більш довготривалу стійкість.

Цілеспрямована селекція на стійкість до патогенних організмів неможлива без правильно розробленої програми створення сортів для конкретної зони, що враховує регіональну специфіку, особливості клімату, досвід створення та використання нових сортів рослин, а також генетичний резерв стійкості, наявний у культурного виду.

Спочатку з урахуванням загальних завдань селекційної програми розробляють імунологічну частину моделі сорту (набір патогенів, до якого створюють захист, фазу прояви стійкості, набір механізмів захисту сорти і тактику використання генів). На наступному етапі вибирають способи захисту від хвороб і шкідників, які будуть використані при створенні сорту.

Рослини можуть бути захищені такими ознаками, як відхід від поразки, толерантність (витривалість) або власне стійкість. Рослини можуть бути досить успішно захищені комплексом неспецифічних факторів, пов'язаних з морфологією, фізіологією рослин і мають загальне адаптивне значення. Ці фактори мають полігенний контроль і складають значну частку стійкості рослин: вони дають можливість йти від інфекції або бути стійкими до впровадження шкідливих організмів.

При підборі батьківських форм для підвищення адаптивності рослин в якості однієї з батьківських форм, найчастіше материнської, використовують кращі сорти місцевої селекції. Кожним з батьків (донором) виступає сорт, який несе гени стійкості.

Для створення сорту підбирають батьківські форми, які мають набір ознак, закладений в моделі. Як донори генів стійкості можуть виступати дикі види рослин, місцеві сорти-популяції (стародавні сорти), сучасні культурні форми а також донори, створені методами біотехнології та генетичної інженерії.

В даний час для створення донорів стійкості застосовують віддалену гібридизацію, експериментальний мутагенез і методи біотехнології.

При віддаленій гібридизації процес інтрогресії генетичного матеріалу в геном культурного сорту складається з наступних етапів: отримання гібридів між джерелом генів стійкості і культурною формою, насичення гібрида генетичним матеріалом культурного сорту за допомогою системи зворотних схрещувань (беккросів) і відбір рослин, що поєднують стійкість з господарсько-цінними властивостями.

Експериментальний мутагенез – перспективний напрямок для створення стійких форм рослин. При оптимальному виборі мутагена і режиму обробки рослин можна отримати до 1-3 % мутацій за ознаками стійкості до захворювань. Найбільш доцільно індукувати мутації по стійкості у сортів, що відрізняються кращим комплексом господарсько-цінних ознак для даного району.

Отримано мутанти з підвищеною стійкістю до таких хвороб як бура іржа, курна сажка і фузаріоз колоса пшениці; борошниста роса ячменю; коренева гниль, несправжня борошниста роса, вірусний опік, бактеріоз гречки; курна, пухирчаста сажка кукурудзи та ін.

Питання використання методів біотехнології для створення стійких до біотичних факторів середовища сортів викладено у відповідній главі.

Одним з напрямків адаптивної селекції є створення сортів з комплексною стійкістю до шкідників, хвороб і бур'янів. Про це наочно свідчать видатні досягнення у виробництві кукурудзи, пшениці, рису, ячменю, озимого жита, соняшника, сорго, люцерни, плодкових і овочевих культур.

Складність селекції на комплексну стійкість полягає в необхідності поєднання в одному сорті стійкості до основних хвороб і шкідників з високими показниками інших ознак - урожайності, біологічної цінності плодів і т.п., між якими нерідко існує негативний кореляційний залежність.

Перспективним напрямком є створення сортів зернових культур з комплексним імунітетом проти збудників іржі, борошнистої роси, а також курній і твердої сажки одночасно. Велика робота в цьому напрямку проводиться в Московському селекційному центрі в лабораторії генетики і цитології під керівництвом доктора біологічних наук Лапочкін І. Ф., де були виявлені гени стійкості до бурої іржі (*Puccinia tritici*) і борошнистої роси (*Bluteria graminis*) і встановлений характер успадкування ознаки стійкості. Особливий інтерес представляють лінії 82/00, 93/00 і 127/00, у яких стійкість до бурої іржі контролюється генами, інтрогресованими від егілопс.

Широке використання стійких сортів виступає одним зі складових компонентів інтегрованої системи захисту рослин, яка є основою нової стратегії боротьби з шкідниками і хворобами. При цьому селекцію на стійкість Mathys G. (1973) розглядає як складову частину в інтегрованій структурі раціональної екологічної та токсикологічної системи захисту рослин.

4. Значення державних програм НААН в рішенні задач адаптивної селекції

Метою регіональних селекційних програм є створення сортів, найбільш ефективно використовують сприятливі умови і одночасно стійких до лімітуючих факторів середовища – типовим для даної ґрунтово-кліматичної зони.

Такий підхід важливий як в силу зазначених вище труднощів поєднання в одному сорті великого числа господарсько-цінних ознак, так і наявності негативних кореляцій між ознаками потенційної продуктивності та екологічної стійкості, формування яких вимагає витрат асимілянтів навіть при відсутності стресових ситуацій. Оскільки повністю вирішити таке завдання за рахунок тільки селекції або агротехніки неможливо, зазвичай розробляють інтегровані селекційно-агротехнічні регіональні програми.

При розробці селекційно-агротехнічних програм слід виходити з того, що створювані сорти і конструюються агроценози повинні можливо в меншій мірі залежати від нерегульованих факторів зовнішнього середовища і в той же час мати високу чуйністю на ті з них, які знаходяться під агротехнічним контролем.

Рішення селекційних проблем в Україні здійснюється в рамках державних програм «Селекція, насінництво і генетика», «Розвиток села» «ПНД 15 Агробіологічні системи виробництва зерна в Україні. Селекція та насінництво кукурудзи і сорго. (Системи виробництва зерна)».

Підпрограма 1. Створення вихідного матеріалу та гібридів кукурудзи і сорго, адаптованих до умов різних зон України», в яких об'єднані зусилля селекціонерів і суміжних з ними фахівців зі створення нових сортів для конкретної ґрунтово-кліматичної зони.

Для розвитку селекції і насінництва потрібна допомога держави. Повна зношеність спеціальної малогабаритної техніки не дозволяє надалі гарантувати успішну роботу і виробництво якісного насіння.

Відповідно до програми розвитку селекції і насінництва зернових, зернобобових, технічних та кормових культур на 2021-2025 рр. необхідно створити сорти рослин нового покоління, в тому числі на основі методів генної інженерії і біотехнології, розробити і вдосконалити ресурсощадні технології виробництва насіння сільськогосподарських культур.

5. Сорт як головний чинник інтенсифікації сільськогосподарського виробництва

5.1 Роль сорту в адаптивній системі агровиробництва

В основі виробництва сільськогосподарської продукції лежить сорт. Саме він, на думку Жученко А. А., визначає основні вимоги до технологій обробітку: продуктивність, енергоощадність, екологічно безпечне якість і природоохоронною.

Адаптивність сорту (гібрида) – збалансоване поєднання великої кількості ознак, в яких перевага віддається найбільш цінним з них. Ступінь адаптивності сорти залежить не тільки від його пристосованості, а й від специфіки екологічних умов, що створюються в агроценозах.

До адаптивному сорту ставляться такі вимоги:

- екологічна пластичність, тобто здатність давати врожай, хоча б середній, в широкому діапазоні коливань кліматичних умов;
- гетерогенність агропопуляцій, тобто наявність в їх складі рослин, що розрізняються по висоті, глибині розташування кореневої системи, стійкості до посухи, термінами зацвітання і т.п. .;
- скоростиглість, тобто здатність до швидкого розвитку і випередження бур'янів в темпах розвитку;
- інтенсивність, тобто здатність до швидкого реагування на поліпшення умов вирощування (наприклад, на випадання опадів);
- стійкість до грибних і інших захворювань;
- мала пошкоджуваність комахами і висока здатність до відростання при їх нападі.

Прикладом адаптивного сорти є сорт озимого жита, виведений Башкирським селекціонером С. А. Кунакбаєво. Цей сорт формує густий полог, рослини конкурентоспроможні по відношенню до бур'янів, стійкі до шкідників, компенсують пошкоджені пагони за рахунок відростання нових і здатна давати врожай в посушливі роки за рахунок ефективного використання осінньої і весняної вологи.

Сорт – один із значущих чинників, що визначають рівень врожайності сільськогосподарських культур, найдешевше і доступний засіб її підвищення. Якщо в світі новому сорту зазвичай належить 30-50 % приросту врожаю, то в Росії, наприклад, частка сорту в формуванні величини і якості врожаю досягає 50-70 %. Це пов'язано з тим, що більша частина території землеробства знаходиться в несприятливих, а нерідко екстремальних ґрунтово-кліматичних і погодних умовах. Вважається, що чим гірше ґрунтово-кліматичні і погодні умови, чим нижче рівень технічної оснащеності і дотаційності господарств, тим вище роль сорту і гібриду.

Прийнято вважати, що 25 % врожаю визначається генетичними особливостями вирощуваних сортів. Роль генотипу в підвищенні і стабілізації врожайності постійно зростає, і внесок сорту при районуванні, за

даними Борисовців Т. В. (2000), оцінюється в 30 ... 50 %. Сорт як засіб сільськогосподарського виробництва - один з найважливіших елементів, що забезпечують отримання необхідної кількості високоякісної продукції.

Світовий досвід свідчить, що послідовне зростання врожайності вирощуваних сортів базується на вдосконаленні їх технологій вирощування і досягнення селекції. Виведення взаємодоповнюючих сортів - досить складне завдання селекції. При їх застосуванні врожайність зростає завдяки диференціації ніш і більш повному використанню ґрунтових ресурсів і світла.

Роль сорту як біологічної системи, що забезпечує стабілізацію врожайності на високому рівні, особливо важлива в різноманітні ґрунтово-кліматичних і господарсько-економічних умов сільськогосподарського виробництва.

Основна вимога до сорту – висока врожайність. Знову виведений сорт може набути поширення в виробництві тільки в тому випадку, якщо він дає більш високі і стійкі врожаї, ніж кращі з існуючих сортів даної культури.

Сорт повинен володіти екологічною пластичністю, тобто зберігати стабільно високу врожайність в різних природно-кліматичних умовах. Прикладом таких сортів служать районований ще в 1929 р сорт ярої пшениці Лютесценс-2, який вирощували на великій площі в східних, південних і центральних областях нашої країни, а також сорти озимої пшениці Безостая-1 і Миронівська-808, що займали в СРСР кілька мільйонів гектарів і оброблювані в ряді інших країн.

В основу адаптивної селекції має бути покладено створення сортів, що поєднують високу потенційну врожайність і екологічну стійкість до тих стресів, яке мінімізує дію яких на величину і якість врожаю за рахунок застосування технічних засобів ліквідувати не вдається.

Сучасні сорти повинні бути пристосовані до умов високомеханізованого сільськогосподарського виробництва із застосуванням машин для посіву, посадки, догляду та прибирання. У всіх зернових культур і льону цінуються в цьому відношенні сорти зі стійким до вилягання стеблом і неосипаючимся зерном.

У кукурудзи важливим показником служить висота прикріплення нижнього качана. Якщо вона менше 30 см, застосовувати комбайнову прибирання сортів не можна. У просапних культур (бавовник, кунжут, томат і інші) важливо мати стислий тип куща, що полегшує проведення міжрядних обробок.

Необхідні сорти бавовнику і рицини, скидають листя на час дозрівання коробочок. У соняшнику механізоване прибирання можуть ускладнювати розгалуження і різний нахил кошиків.

Величезні збитки завдають сільському господарству хвороби і шкідники. Тому селекція на стійкість до хвороб і шкідників – надзвичайно важливий напрямок в селекції всіх без винятку культур.

Найважливіша ознака сільськогосподарської продукції – її якість. Це

складний ознака, що включає різні властивості, починаючи від біохімічного складу, який визначає поживну цінність того чи іншого продукту, його смакові якості, а також транспортабельність, придатність для зберігання.

При селекції на якість необхідно враховувати вимоги галузей переробного комплексу. Наприклад, потрібні спеціальні сорти зернових культур з особливими технологічними якостями для хлібопекарської, харчової, кондитерської промисловості, для дієтичного та дитячого харчування та виробництва фуражу.

Сорти ячменю, наприклад, можуть бути продовольчого, кормового і пивоварного напрямку. Наприклад, сорти, що використовуються в пивоварінні, повинні мати велике і добре вирівняне зерно з високою схожістю та енергією проростання, низьким вмістом білка. Це зазвичай дворядний ячмінь.

Сорти картоплі бувають продовольчого, технічного та кормового напрямку. У зв'язку з цим, вміст крохмалю в бульбах неоднаково. У кращих технічних сортів воно може досягати 30 %.

Плоди та овочі повинні володіти хорошими смаковими якостями, високим вмістом цукрів, сухих екстрактивних речовин, вітамінів, добре переносити транспортування і зберігання.

Сорти овочевих культур за своїм призначенням можуть бути столово-салатного напрямку, для споживання в свіжому вигляді (великоплідні сорти томатів, солодкі сорти цибулі), для використання в кулінарії (гострі сорти цибулі), для тривалого зберігання в свіжому вигляді, соління і квашення, консервування, сушки, заморожування, приготування пюре, паст, соків.

У круп'яних і зернових бобових культур враховується розварюваність зерна, у олійних – вміст олії в насінні, у луб'яних прядильних – якість волокна.

Оскільки до сортам різного напрямку використання пред'являють специфічні вимоги, важливо, щоб селекціонери працювали за завданнями галузей переробного комплексу. Нові сорти повинні проходити апробацію за тими параметрами, які важливі для тієї чи іншої галузі переробної промисловості.

Поєднання якості сільськогосподарської продукції з урожайністю – складне завдання для селекціонерів. Крім того, також треба враховувати зони, придатні для виробництва продукції потрібної якості. Визначено райони для вирощування сильних і цінних сортів ярої твердої пшениці. Але ще не встановлені зони отримання продукції для дитячого і дієтичного харчування, поки не створені і такі сорти. А це вкрай необхідно.

Важливою ознакою сортів і гібридів різних сільськогосподарських культур є тривалість вегетаційного періоду. Для багатьох природно-економічних зон, де період для сприятливого росту рослин обмежений температурними умовами, посухою або перезволоженням, важливо мати скоростиглі сорти.

У республіці особлива увага приділяється створенню скоростиглих

гібридів соняшнику. Такі гібриди відрізняються вирівняні стеблостою, що забезпечує їх високоякісну механізоване прибирання.

Щоб безперервно задовольняти потреби населення у свіжих овочах і фруктах, слід мати різні за термінами дозрівання сорти: ранні, середньостиглі, середньопізні, пізньостиглі і дуже пізньостиглі.

Необхідно мати набори сортів і гібридів та інших культур з різною тривалістю періоду вегетації для кожної ґрунтово-кліматичної зони, щоб виробляти збирання врожаю з мінімальними втратами. Для певних районів необхідно також мати посухостійкі і зимостійкі сорти, а також сорти для вирощування на зрошуваних і осушених землях.

Освоєння малопродуктивних земель залежить від успіхів селекції. Їх використання залежить від того, чи з'являться сорти, які можуть давати високу врожайність на кислих, засолених, заболочених землях, чистих пісках. У деяких країнах на ці властивості звертають особливу увагу. Так в Бразилії сорти, які не стійкі до кислих ґрунтів, у виробництво не допускаються.

Інтенсифікація землеробства висунула проблему селекції сортів, що володіють хорошою чуйністю на мінеральні добрива і, при цьому, що зберігають високу стійкість до вилягання. У зв'язку з цим в Мексиці Н. Борлаугом розгорнув роботу по отриманню короткостеблових сортів зернових культур і показав, що при відповідності сорту умов зовнішнього середовища можна домогтися збільшення врожайності в кілька разів.

За рахунок впровадження короткостеблових сортів Мексика, Індія та інші країни за 15-20 років домоглися великих успіхів у виробництві зерна пшениці, повністю відмовившись від його імпорту.

Якщо старі високорослі сорти пшениці тут могли давати навіть за найсприятливіших умов (при зрошенні і внесення мінеральних добрив) максимум 3-4 т зерна з 1 га, то з впровадженням нових сортів цей рівень піднявся до 6-8 т з га.

Короткостеблові сорти зіграли видатну роль у збільшенні виробництва зерна пшениці. В Індії (в умовах поліпшеної технології виробництва) найвища врожайність, досягнута на демонстраційних ділянках, склала 10,2 при середньому рівні урожайності на них 4,5 т з 1 га.

Велику роль в селекції рису зіграв виявлений в одному з сортів цінний карликовий природний мутант, який дав можливість отримати в процесі селекції сорту з відсутністю періоду спокою насіння. В умовах тропіків такі сорти можна обробляти в будь-який сезон з використанням для посіву щойно зібраного насіння.

У селекції картоплі в ряді країн враховують близько 40 ознак одночасно, в тому числі і такі, як висока врожайність, дозрівання в певний час, зміст і якість крохмалю, білка, вітаміну С, забарвлення шкірки і м'якоті, величина і форма бульб і вічок, низьке вміст соланіну, хороша розварюваність бульб, смак, стійкість до бактеріальних і вірусних хвороб і колорадського жука, заморозків, низька чутливість бульб до пошкоджень при

транспортуванні і ін.

Поряд з пристосованістю до механізованого обробітку та збирання, а також високим вмістом в урожаї біологічно цінних речовин, нові сорти повинні мати гарну транспортабельність, а також придатністю до переробки та зберігання.

Особливого значення набуває створення сортів і гібридів зі зниженою вологістю зерна в період дозрівання, високою транспортабельністю і лежкістю плодів, високим вмістом біологічно і технологічно цінних речовин і т.д.

Адаптивна система селекції орієнтує, в першу чергу, на підвищення ККД використання ФАР сортами рослин на основі швидкого формування їх фотосинтезуючої поверхні, збільшення тривалості їх активної асиміляції, оптимізації архітектоники (положення листа) рослин.

У біоенергетичному напрямку адаптивної селекцією особлива увага повинна бути приділена створенню сортів, що дозволяють істотно знизити втрати і витрати первинних асимілянтів, а також енергії при транспортуванні, переробці і зберіганні продукції.

На особливу увагу заслуговують сформульовані Жученко А. А. положення про утворення середовища і відновних ресурсів (природовідновних) ролі сорту. Це ще майже невикористаний ресурс в селекції рослин. Тим часом він представляється виключно важливим в системі природоохоронних та ресурсозберігаючих заходів.

Зокрема, потенційна врожайність сортів і гібридів реалізується лише на 25-40% через недостатню, а часто і знижується стійкості рослин до дії абіотичних і біотичних стресів; відзначено зниження ресурсо-відновлювальних властивостей сортів рослин при досягненні ними високою потенційною врожайністю. Найчастіше сучасні сорти і гібриди недостатньо пристосовані до конструювання високопродуктивних, екологічно стійких агро-екосистем і агроландшафтів.

Передбачено підвищення не тільки продукційних, але також ґрунтозахисних, фітосанітарних, азотфіксуючих, фітомеліоративної і інших функцій сортів. Планується забезпечення і більш чіткої диференціації сортів по пристосованості до технологій товарного і присадибного господарства, придатності для різних технологій.

У різко контрастних погодних умовах у виробництві не можна обійтися одним сортом. В оптимальному варіанті найкраще мати кілька сортів однієї культури, розрахованих на різний рівень врожайності і для обробітку в різних умовах.

У кожному господарстві повинні оброблятися, як правило, кілька сортів, що розрізняються за термінами дозрівання, інтенсивності ростових процесів, реакції на умови природного середовища, різні рівні родючості ґрунту і попередники.

У Білорусі створена система взаємодоповнюючих сортів озимої пшениці продовольчого призначення, що мають першорядне значення у

вирішенні проблеми самозабезпечення республіки зерном.

5.2 Сортова агротехніка і агроекологічний паспорт сорту

Агротехніка повинна бути спрямована на створення найкращих умов для розвитку кожної рослини окремо і формування високоврожайних насіння. Відсутність сортових технологій є головною причиною того, що генетичний потенціал рослин використовується всього на 25-30 %. За останні 30 років вітчизняними селекціонерами виведено і районовані понад 120 сортів зернових культур з потенційною продуктивністю 70-90 ц/га, а їх фактична врожайність не перевищила 30 ц/га.

Всі занесені до Державного реєстру Республіки Білорусь сорти зернових злакових культур мають потенціал продуктивності 65-90 ц/га. Причина втрат врожайності криється в неточному дотриманні технології їх обробітку. Наприклад, тільки правильне використання пестицидів на полях зернових злакових культур могло б підвищити їх урожайність на 5-7 ц/га. За даними за 2004-2006 рр., Втрати врожайності зернових культур через недотримання технологічних вимог склали близько 30 ц/га, в т.ч. через неякісну і несвоєчасну обробки ґрунту – 5,3 ц/га, від нестачі і неякісного внесення добрив – 6,0 і пестицидів 5,7, від посіву в неоптимальні терміни з низькою якістю-3,6, під час збирання – 5, 4 ц/га, а могли б отримувати при належній технологічній дисципліні 57,4 ц/га.

Незважаючи на те, що сорт – один з найважливіших елементів в технології обробітку культури, більш ніж на 75 % врожайність залежить від чинників, прийомів, елементів технології обробітку, які здійснюються до і під час посіву. Все, що здійснюється після посіву, впливає, в основному, на збереження вже закладеного врожаю. Навіть правильно обраний для відповідного типу ґрунту і рівня господарювання сорт може найбільш повно реалізувати свій генетичний потенціал тільки при дотриманні всіх елементів технології обробітку.

З метою прискорення створення сортів сільськогосподарських культур із заданими властивостями і їх ефективного використання в виробництві необхідна розробка їх сортової агротехніки.

Важливість цього завдання в даний час зростає в зв'язку з тим, що в господарствах з року в рік застосовуються нові добрива, сільськогосподарські машини, удосконалюються технології, впроваджуються нові сорти, які за морфологічними і біологічними властивостями відрізняються від раніше районованих, а тому вимагають інших прийомів обробітку, комплекс яких і становить сортову агротехніку, мета якої – максимальне задоволення специфічних потреб сорти.

Розробці сучасної сортової агротехніки, адаптованої до матеріально-технічними можливостями сільськогосподарських підприємств, агрокліматичних ресурсів регіону і цілям товарного виробництва, присвячені дослідження таких вчених, як Ацци Дж., Бантинг С. С., Беспалова Л. А.,

Вавилов Н.И., Володарский Н.И., Васюков П.П., Галлеев Г.С., Добруцкая Е.Г., Ермоленко В.П., Кильчевский А.В., Жученко А.А., Пакудин В.З., Панфилов А.Э., Пенчуков В.М., Петрова Л.Н., Пивоваров В.Ф., Романенко А.А., Рындин В.М., Синская Е.Н., Сотченко В.С., Толорая Т.Р., Хаджинов М.И., Хотылёва Л.В., Шевелуха В.С., Eberhart S.A., Finley K.W., Russel W.A., Tai Q.C.C., Wilkinson Q.N.

Однією з головних завдань сортової агротехніки є управління ростом рослин. На думку Шевелуха В.С. (1975), саме прийомами агротехніки можна в значній мірі послабити добові коливання ростових процесів і за рахунок цього підвищити врожайність. Прийоми агротехніки, спрямовані на посилення ростових процесів (внесення високих доз азотних добрив, зрошення та ін.), Сприяють зниженню стійкості рослин до абіотичних і біотичних стресів. Тому в селекційно-агротехнічних програмах підвищення врожайності сортів і гібридів на «критичних» етапах онтогенезу в залежності від прийомів агротехніки має бути приділена першочергова увага.

При розробці сортової агротехніки для кожного сорту важливо виявити специфіку «критичних» періодів онтогенезу, а також фаз найбільшою чуйності на регульовані фактори зовнішнього середовища. Такий підхід дозволяє значно підвищити оптимізаційних і регулятивну роль техногенних факторів. Наприклад, згідно з даними Жученко А.А. та ін. (1972), найбільш відповідальним етапом в забезпеченні рослин томата азотом є весь ювенільний період, а від початку цвітіння до початку дозрівання перших плодів рослини відчувають найбільшу потребу в калії.

Сортова агротехніка, базуючись на управлінні модифікаційною мінливістю рослин, враховує специфіку адаптивних реакцій кожного сорту на різних етапах онтогенезу, в тому числі характер позитивної та негативної кореляційної залежності між компонентами потенційної продуктивності та екологічної стійкості.

Обов'язковою умовою розробки сортової агротехніки є знання особливостей варіабельності господарсько-цінних ознак сорти під впливом як регульованих, так і нерегульованих факторів зовнішнього середовища. Особливо важливою є розробка сортової агротехніки для екологічно спеціалізованих сортів і гібридів, які відрізняються вузькими межами пристосованості до мінливих умов зовнішнього середовища. Причому величина і якість врожаю таких сортів варіює сильніше за рахунок рівня агротехніки. Саме цим і пояснюються ситуації, коли інтенсивні сорти виявляються менш врожайними в порівнянні з місцевими сортами в несприятливих ґрунтово-кліматичних і погодних умовах, а також при обмежених можливостях оптимізації умов зовнішнього середовища за рахунок застосування добрив, пестицидів і т.п.

Сортові технології повинні бути основою агротехнічної документації і беззастережно виконуватися в кожному господарстві республіки при дотриманні суворої технологічної дисципліни. За рахунок здійснення їх в повному обсязі можливе отримання врожайності зерна в межах 50-70 ц/га,

картоплі 300-400, традиційних для республіки овочевих культур 400-500, кормових трав 60-80 ц кормових одиниць з 1 га. Сортові технології повинні стати основою розробки нової техніки і визначення потреби в матеріально-енергетичних ресурсах.

Основним документом, що формує специфіку сортової агротехніки, повинен бути відповідний агроекологічний паспорт, що характеризує специфіку адаптивних реакцій сорти і особливості його вирощування в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Проведення експрес – оцінки характеру адаптивних реакцій запропонованих до районування сортів і гібридів рослин і своєчасна розробка на цій основі їх агроекологічних паспортів важливо в зв'язку з усе зростаючими темпами сортозміни.

Відповідний агроекологічний паспорт сорти по завершенні сортовипробування можна видавати, якщо одночасно з сортовипробування проводити оцінку варіабельності ознак, що визначають адаптивні особливості сортів даного виду рослин по відношенню до факторів зовнішнього середовища. Реакція різних по стійкості рослин на мінливі умови зовнішнього середовища дозволила знайти підходи до діагностування властивостей генотипу, що мають на меті еколого-фізіологічну паспортизацію сорти, тобто оцінку таких характеристик, як жаро- і посухостійкість, адаптивний потенціал, коефіцієнт транспірації і т.п.

Паспорт повинен містити відомості про особливості обробітку сорти в конкретних ґрунтово-кліматичних і погодних умовах. У ньому повинні бути враховані сортові особливості і норма реакції на різні агротехнічні прийоми, що в подальшому допоможе виявити весь потенціал врожайності створюваного сорту. Тому на заключних етапах селекції майбутній сорт проходить випробування на різних агротехнічних фонах.

У перспективі роль сортової агротехніки, в тому числі прийомів найбільш ефективною реалізації особливостей адаптивного потенціалу рослин збільшиться.

5.3 Сучасні адаптивні сорти і специфіка їх адаптивних реакцій в системі сортовипробування і в виробничих умовах

Основоположним в сучасній стратегії селекції служить принцип адекватності, яка передбачає формування нового адаптивного сорти в процесі його створення в суворій відповідності з умовами його обробітку в виробництві. Науково-обґрунтований, диференційований підхід до вибору і розміщення сортів у конкретних господарствах і полях сівозміни - один з важливих і доступних резервів підвищення рівня адаптивної інтенсифікації рослинництва.

З огляду на диференціацію сільськогосподарських підприємств за рівнем інтенсифікації виробництва, конкурсне і державне сортовипробування повинні проводитися як мінімум при двох рівнях інтенсифікації технології обробітку – високому, що забезпечує реалізацію можливо повного

генетичного потенціалу сортів і помірного-типовому рівні технології для більшості господарств.

У різноманітних ґрунтово-кліматичних і господарсько-економічних умовах підприємств Білорусі виключно висока роль системи адаптивних взаємодоповнюючих сортів. Разом з тим немає сенсу використовувати сорти з дуже високим генетичним потенціалом продуктивності, що вимагають відповідного потенціалу умов вирощування, на полях, де явно можна забезпечити умови вирощування не більше 30-40 ц/га. Кожен тип ґрунтів, кожен рівень господарювання вимагає своїх сортів. Якщо сорт в максимально комфортних умовах забезпечує врожайність 110 ц/га і дає прибавку по відношенню до інших сортів, немає ніяких підстав стверджувати, що ця надбавка збережеться в інтервалі врожайності 30-70 ц/га при зовсім іншому рівні інтенсифікації. Як правило, спостерігається зворотна тенденція.

Особливого значення набуває розробка на рівні запропонованих до районування сортів і гібридів підходів і методів експрес-оцінки специфіки адаптивних реакцій культивованих рослин, що пов'язано з усе зростаючими темпами сортозміни.

Потенціал врожайності сортів білоруської селекції по зерновим культурам досяг 8-13 т/га не тільки в дослідках, а й у виробництві.

При цьому середня врожайність зернових культур в Держсортвипробування за 2001-2008 рр. була високою і склала 52,4 ц/га по вівсу і до 65,2 ц/га по озимому тритикале.

Однак реалізація генетичного потенціалу у виробництві залишалася низькою і склала від 18 % (по ярому ріпаку) до 46,2% (по цукровому буряку).

Аналіз причин неповної реалізації генетичного потенціалу врожаю сортів зернових культур за 2005-2008 рр. дозволив встановити структуру недобору врожайності в залежності від порушення прийомів технології обробітку.

При цьому рівень реалізації генетичного потенціалу сортів зернових культур склав 45,6 %, а з причини порушення наступних елементів технології обробітку недобір

врожайності склав: системи обробітку ґрунту – 8,5 %, системи добрив – 10,5 %, посіву – 7 %, захисту рослин – 11,5 %, підбору сортів і якості насіння – 6,4 %, збирання врожаю – 11,5 %.

Слід підкреслити, що в міру підвищення культури землеробства технологічні втрати будуть зводитися до мінімуму, а роль сорту в збільшенні врожайності неухильно зростати, досягаючи 50-75 % в надбавці урожаю.

Одночасно з тим, як на зміну екстенсивним прийшли інтенсивні сорти з високим потенціалом врожайності, відзначено і зниження її стабільності, пов'язане з втратою новими сортами адаптивності. Більшість господарств віддає перевагу менш вимогливі до умов обробітку сорту зі стабільною врожайністю. Тому підхід до оцінки і підбору сортів потребує корегування. Акцент, на думку Неттевіч Е. Д. (2001), доцільно зробити на стабільності

врожайності при середньому її рівні.

Трирічне вивчення сорту в конкурсному і державному випробуваннях не завжди дає досить об'єктивну інформацію про його врожайності. Вимагає перевірки і питання, наскільки репрезентативні ці дані виробничих умов. Виникає запитання, як, не подовжуючи термінів вивчення, отримати досить об'єктивну інформацію про врожайність і інших господарсько-цінних ознаках сорти.

Причина того, що з переданих на Держсортвипробування сортів лише менша частина включається до реєстру через те, що більшість їх не виявляє переваги перед стандартом і, перш за все, по врожайності-в недостатній вивченості сорти через короткочасність досвіду і в обмеженні його одним пунктом. Таким чином, найбільш достовірну інформацію про сорт вдається отримати при одночасному вивченні його в декількох пунктах.

Розширити використання результатів конкурсного сортвипробування для більш достовірної оцінки формування потенційної продуктивності на полях господарств тієї чи іншої ґрунтово-кліматичної зони і прийняття математично обґрунтованого рішення про доцільність обробітку певного сорту в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах дозволяє розроблена Корішковим Ю.Л. та ін. (2008) методика розрахунку залежності між врожайністю зерна ярої пшениці в виробничих умовах і на полях державних сортоділянок. При математичній обробці даних врожайності автором були використані дисперсійний, регресійний і кореляційний види аналізів, а фізико-статистичні або динамічні моделі були засновані на залежності продуктивності від окремих факторів або їх комплексу.

Запропонована методика дає можливість використання отриманих взаємозв'язків для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур в виробничих умовах певної зони при відомій врожайності на державних сортоділянках. А довгострокове прогнозування має важливе виробниче значення для завчасного визначення районів заготівлі високоякісного насіння високопродуктивних сортів.

Дослідженнями Неттевіч Е.Д. (2001) встановлено, що врожайність ярого ячменю в центральному регіоні Росії на 50 % залежить від умов року, 25 % припадає на місце вивчення і близько 15 % на сорт. Сукупність дії зазначених факторів і визначає оцінку сорту в конкретному місці вивчення.

Як прийому підвищення точності оцінки сорти за врожайністю, що не подовжуючи термінів його вивчення, Неттевіч Е.Д. (2000) рекомендує висівати його в один рік в декількох пунктах. Одночасне вивчення сорту в декількох пунктах з варіюванням термінів посіву, попередниками, добривами та іншим факторам більш інформативно в порівнянні з вирощуванням його за різними технологіями в одному пункті.

Експерименти інших вчених також свідчить, що виявлення добре адаптованого матеріалу необхідно здійснювати за допомогою його вивчення в різних екологічних точках, а якщо це неможливо, то в одній, але з різних попередникам при різних термінах посіву і т.д. (Пакудін В.З., Лопатіна Л.М.,

1984; Синська Е.Н., 1991; Голева Г.Г., 1997). Необхідно уточнити і фони вивчення сортів, наблизивши їх до реальних виробничих умов (Неттевіч Е.Д., 2001).

На думку Філіпенко С.В. (2008), який вивчав сорти ячменю, набір факторів, тобто різних термінів посіву, попередників, варіантів захисних заходів (різних сполучень протруювання насіння, фунгіцидних та гербіцидних обробок), що використовуються в одній географічній точці, дозволяє з високою вірогідністю прогнозувати поведінку генотипів на території всієї республіки.

Нові сорти, поряд з високою продуктивністю і технологічністю, повинні володіти пристосованістю до певного рівня землеробства, а також стійкістю до несприятливих факторів зовнішнього середовища. Сьогодні мова йде про створення сортів-агроекотипов, що відрізняються найбільшою пристосованістю до місцевих умов.

Оцінка кожного з досліджуваних сортів в умовах польового досвіду об'єктивна для конкретних умов вирощування. Зміна рівнів окремих факторів в лімітуючу або оптимальну сторону неминуче призведе до зміни рангів сортів. Це є наслідком неоднакової потенційної продуктивності та норми реакції генотипу на умови зовнішнього середовища.

Мінливість кількісних ознак, обумовлена умовами вирощування і взаємодією «генотип-середовище», завжди має місце в процесі вирощування сільськогосподарських культур, а також при проведенні польових випробувань сортів, гібридів, елементів технології і так далі. Причиною цього є те, що в селекції, на відміну від еволюції, русійні форми переважають над стабілізуючими, що сприяє зростанню чуйності на регульовані фактори і падіння стійкості до нерегульованих факторів середовища і, як наслідок, робить необхідним роздільний аналіз по кожній групі чинників.

Завдання селекціонера – відібрати кращі генотипи, а судження про них він може мати тільки по їх фенотипам, що формується в певних умовах. Звідси виникає проблема – створення умов в системі сортовипробування, в яких можна було б легше, ніж в інших, виявити питання, що цікавлять селекціонера генотипи. Розробка методів ефективного тестування генотипів в контрастних середовищах представляє проблему виняткової важливості.

Для підвищення ефективності адаптивної селекції важливе значення має просторова й тимчасова репрезентативність оцінок зазначених показників в процесі сортовипробування. При її недотриманні спостерігається тенденція до зростання варіабельності врожайності сортів і гібридів з високою потенційною продуктивністю, а також до збільшення розриву між врожайністю на сортодільницях.

Державне сортовипробування – це найбільш велика сукупність середовищ для оцінки генотипів, що дозволяють отримувати об'єктивну інформацію про їх пристосувальних можливостях. Завдання підвищення ефективності адаптивної селекції ставить собі за мету створення такої

еколого-географічної системи сортовипробування, яка б типізувати ґрунтово-кліматичні, погодні та технологічні умови відповідних зон сільськогосподарського виробництва.

Оскільки адаптація відображає всі зв'язки і відносини, які встановлюються між рослиною, фітоценозів і навколишнім середовищем, для створення сортів використовують методи адаптивної селекції з урахуванням взаємодії генотипу і середовища. Ця проблема має два основних аспекти: оцінку адаптивної здатності та стабільності генотипів в різних середовищах і оцінку середовищ по їх придатності в якості фону для відбору (Жученко А.А., 1980).

Оцінка середовища як фону для відбору є одним з ключових питань у підвищенні ефективності селекційного процесу. На думку Кільчевський А.В. (1997), помилка у виборі середовища на будь-якому етапі селекції призводить до неадекватної оцінки генотипів і втрати цінного селекційного матеріалу. Оскільки спектр можливих адаптивних реакцій в системі «генотип х середовище» надзвичайно великий, в селекції і сортовипробуванні оцінюються не тільки загальне взаємодія, а й індивідуальні особливості генотипів, в тому числі характер прояви конкретних господарсько-цінних ознак. Так, на думку Тошкіна Е.А. та ін. (2008), в процесі вивчення адаптивного потенціалу сортів сої північного екоципу в умовах Північно-Заходу РФ отримані дані, що свідчать про його наявність у сортів сої з високою чуйністю на інокують активними штамми ризобактерій.

Як підтверджує Кільчевський А.В. (1997), проблема обліку взаємодії генотипу і середовища є ключовим питанням адаптивної селекції. На підставі експериментальних даних Кільчевський А.В., Хотильове Л.В. (1985, 1989) розроблений метод генетичного аналізу, заснований на випробуванні генотипів в різних середовищах, що дозволяє виявити загальну і специфічну адаптивну здатність генотипів, їх стабільність, селекційну цінність, а також вести відбір по адаптивної здатності в залежності від поставленої селекційної завдання. Даний метод дозволяє отримувати інформацію про середовища як фонах для відбору.

Для оцінки параметрів адаптивної здатності та екологічної стабільності генотипів використовували такі параметри середовища:

X_i - середнє значення сорту (генотипу);

$ЗАЗ_i$ і $САЗ_i$ – загальна і специфічна адаптивна здатність генотипу, що характеризує середнє значення ознаки в різних умовах середовища;

S_{gi} - відносна стабільність - здатність генотипу в результаті регуляторних механізмів підтримувати певний фенотип в різних умовах середовища.

b_i - пластичність або чуйність-реакція генотипу на варіювання умов середовища, що виявляється в фенотипической мінливості (коефіцієнт регресії на середу);

$СЦГ_i$ - селекційна цінність генотипу - параметр, що характеризує поєднання високої продуктивності і стабільності в одному генотипі.

Для характеристики середовищ використовували основні показники: продуктивність середовища dk , відносна дифференціююча здатність (ДСЗ) Sek , коефіцієнт типовості tk , коефіцієнт передбачуваності Pk .

Головна особливість адаптивної селекції – контроль екологічної стабільності в селекційному процесі. Його необхідність обумовлена тим, що середнє значення ознаки і середові чутливість знаходяться під самостійним генетичним контролем і відносно незалежні (Connolly V., Jinks J.L., 1975; Jinks J.L., Pooni H.S., 1982; Кильчевский А.В., Хотылева Л.В., 1989). Контроль параметрів стабільності в Державному сортовипробуванні необхідний у зв'язку з тим, що високоврожайні сорти не завжди відрізняються стабільністю врожайності.

Параметри середовища в значній мірі залежать не тільки від умов, місцевості і року, але і від досліджуваного набору генотипів. Для більш об'єктивної оцінки генотипу середовищних відносин доцільно проводити контроль середовища по декільком єдиним сортам-тестерів.

Кильчевський А.В., Хотильова Л.В. (1997) встановлено, що в умовах виробництва виявляються генотипи найбільш пристосовані до низьковрожайних середовищ, а в умовах сортоділянок – до високоврожайних. У зв'язку з цим виникає необхідність при випробуванні на різних рівнях агрофону виділяти поряд з сортами інтенсивного типу генотипи, адаптовані до середнього агрофону, типовому для виробничих умов. У регіоні необхідно вирощувати групу взаємодоповнюючих сортів з різними типами пристосованості, які максимально використовують різні екологічні та агротехнічні умови і успішно протистоять лімітуючим факторам.

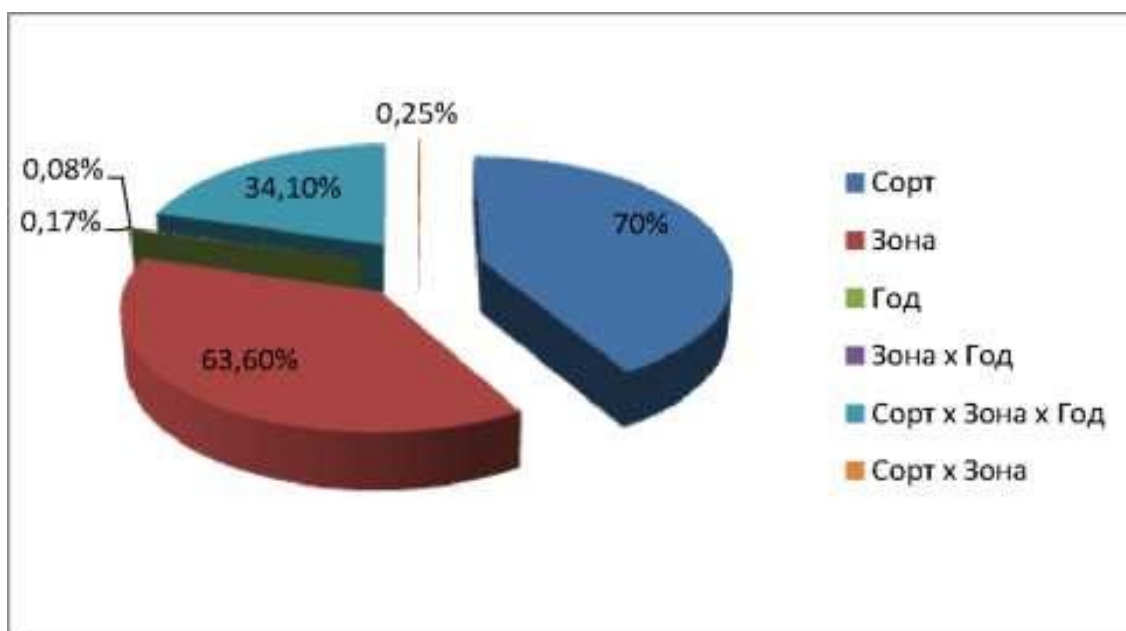
Найбільш відповідає пошуку критерію адаптивності маса 1000 насінин, що є інтеграційним ознакою, який характеризує кінцевий результат взаємодії генотипу і середовища в процесі онтогенетичного становлення продуктивності. Стрижков Ф.М. (2003), оцінюючи адаптивні властивості сортів ярої пшениці різного еколого-географічного походження, робить висновок, що в контрастних умовах обробітку визначальний вплив на формування крупності зерна насамперед становлять фактори зовнішнього середовища.

Стабільність розмірів насіння може служити критерієм для непрямой оцінки та відбору адаптивних генотипів на ранніх етапах селекції, коли екологічне випробування утруднено.

Маса 1000 насінин – ознака з низьким рівнем модифікаційної мінливості. Наприклад, при вивченні стабільності розмірів насіння сої в Воронежської області було встановлено, що коефіцієнт варіювання маси 1000 насінин становить 15-17 % і незначно змінюється в залежності від екологічних умов року (Мясіна В.П., 2007), що дозволяє припустити про ефективність його використання в якості критерію для відбору адаптивних форм.

Підтвердженням того, що врожайність виступає як похідне потенційної продуктивності та екологічної стійкості, є дані Косяненко Л.П. (2010) з

виявлення чинників, які обумовлюють формування врожайності вівса і реалізацію його потенційної продуктивності в різних екологічних умовах Приенісейської Сибіру. Так, врожайність культури залежала від зони обробітку на 63,6 % (Мал.1).



Мал. 1 - Внесок чинників в мінливість врожайності вірогідно, але майже в 2 рази менше впливало взаємодія факторів «зона x рік» – 34,1 %.

Причину низької частки вкладу фактора «сорт» можна пояснити тим, що досліджувані генотипи досить близькі між собою по потенційній продуктивності, в зв'язку з чим формування їх врожайності в просторі більшою мірою було зумовлено фактором зони обробітку і взаємодією чинників «зона x рік».

Відомо, що на етапах науково-дослідних установ, державних сортодільниць і в виробництві рівні врожайності суттєво різняться. У зв'язку з різкими відмінностями в тлі вирощування врожайність на ГСУ, як правило, перевищує врожайність господарств в 1,5-2 рази. В результаті невідповідності фонів ГСУ фонам рядових господарств втрачається об'єктивність в підборі сортів і порушується екологічна єдність наміченої системи. З цієї точки зору сучасна система ГСИ вимагає певного вдосконалення.

5.4 Роль селекційних центрів і системи сортовипробування в створенні сортів з широким адаптивним потенціалом

У вирішенні актуальних проблем адаптивної селекції рослин селекційні центри відіграють важливу роль. На прикладах Московського селекційного центру по зерновим культурам і РУП «Науково-практичний Центр НАН Білорусі з землеробства» можна уявити історію, досягнення, проблеми та перспективи селекції в Росії і Білорусі.

Засновником (1952 г.) і першим керівником Московського селекційного центру був академік Лісіцин П.І. Завдяки його зусиллям були створені перші вітчизняні сорти озимого жита, вівса, конюшини, гречки, що набули широкого поширення у виробництві. Академік Лісіцин П.І. з'явився першим творцем системи вітчизняного наукового насінництва. Йому належить пріоритет в розробці оригінальних принципів наукової організації державної системи насінництва.

У різні роки в селекційному центрі працювали такі відомі вчені, як академік Ціцин Н.В., професор Писарев В.Є. і Лапченко Г.Д. З їх іменами пов'язана розробка і застосування в селекції зернових культур методів віддаленій гібридизації озимої м'якої пшениці *Triticum aestivum* L. з видами пирію *Agropyrum glaucum*, *A. intermedium*, *A. elongatum* і трьома видами елімус (*Elimus* L.), а також поліплоїдії, гаплоїдії і мутагенезу, що дозволили отримати ряд нових форм і сортів.

Спираючись на закони класичної генетики, академік Ціцин Н.В. і професор Лапченко Г.Д. вперше в світовій практиці отримали гексаплоїдної ($2n = 42$) і октоплоїдне ($2n = 56$) пшенично-пирійні амфідіплоїди, визначили їх геномної структуру і провели масштабне цитологічне і морфобіологічне вивчення, що в підсумку дозволило створити цінний вихідний матеріал для селекції зимостійких, стійких до хвороб і з високим вмістом білка сортів озимої пшениці. Отримані на базі цього матеріалу в 1950-х рр. сорту ПРГ- 1, ППГ-599 і ППГ-186 обробляли в 15 областях Росії, вони займали великі площі в виробництві. У той час вони зіграли важливу роль в просуванні культури озимої пшениці в північні райони Росії і підвищенні її врожайності.

Світову популярність здобули наукові розробки професора Писарева В.Є. в області генетичного перетворення злаків на основі міжродовий гібридизації і поліплоїдії. З 1935 по 1972 рр. він керував роботою по селекції ярої пшениці, ячменю, вівса і гречки. Ним створено 9 сортів зернових культур, серед них такі селекційні шедеври для того часу, як яра пшениця Московка і червоно зерні. Писарев В.Є. був активним прихильником просування ярої пшениці в північні, а тритикале – в східні регіони Росії. Під його керівництвом широко розгорнулися дослідження з поліплоїдії і віддаленій гібридизації. Йому по праву належить пріоритет творця нової культури тритикале. Його стараннями були розроблені оригінальні схеми і методи отримання пшенично-житніх амфідіплоїдів, створена унікальна колекція ярих та озимих тритикале.

Вагомий внесок у створення якісно нових сортів ярих зернових культур вніс академік РАСГН професор Неттевіч Е.Д. З його ім'ям пов'язаний значний період історії Московського селекційного центру. Їм за 45 років роботи в інституті було створено 30 сортів ярих зернових культур, з них 9 сортів ярої пшениці, 15 сортів ярого ячменю та 6 сортів вівса, максимальна площа посіву яких у окремі роки сягала понад 4 млн. Га.

Крім чисто селекційних робіт, в очолюваному ним відділі селекції ярих культур проведено різнобічні дослідження щодо вдосконалення методики

селекції ярих зернових культур, проблеми гібридної пшениці, створення високолізінового ячменю, підвищенню потенціалу продуктивності ярої пшениці за рахунок схрещування її з озимими формами, використання гаплоїдії в селекції ячменю, підвищення ефективності селекції шляхом організації кооперації робіт в зоні діяльності селекційного центру. Воістину новаторським є внесок Неттевіч Е.Д. в справу впровадження нових сортів на поля господарств Нечорноземної зони. Створена ним гідна наукова школа в особі нового покоління селекціонерів успішно продовжує роботу зі створення нових сортів.

Значних успіхів в селекції озимої пшениці домогся член-кореспондент РАСГН, професор Варениця Е.Т., багато років працював директором інституту, А потім завідувачем лабораторією селекції озимої пшениці. З появою в 1960-і рр. сорт Миронівська 808 швидко зайняв монопольне становище в зоні. Завдання створення рівноцінного аналога цієї світової шедевр, але з кращою стійкістю до вилягання, взяв на себе професор Варениця Е.Т. зі своїми співробітниками. Методом складної ступінчастої гібридизації і наступних відборів колективу вдалося створити високоврожайний і з високою якістю зерна сорт Зоря, що набув поширення.

Подальша серія нових низкостебельних сортів озимої пшениці (Московська низкостеблова, Московська 70, Московська 642 і ін.) Значно прискорила хід третьої сортозміна по озимій пшениці в регіоні, що остаточно затвердив позиції цієї культури в багатьох областях Нечорнозем'я і сприяло розширенню її посівних площ. У переліку наукових заслуг Варениці Е.Т. слід відзначити також і вивчення багатьох питань біології, селекції, насінництва та сортової агротехніки озимої пшениці стосовно ґрунтово-кліматичних умов зони.

Селекційну естафету по озимій пшениці від професора Варениці Е.Т. успішно прийняв академік РАСГН Сандухадзе Б.І. Розробивши і застосувавши оригінальну схему селекції на основі методу уриваються беккросів за участю краснодарського мутанта Карлик 1, він створив серію зимостійких, короткостеблових, високопродуктивних і з високою якістю зерна сортів озимої пшениці, впровадження яких остаточно затвердив позиції цієї культури на полях багатьох областей Нечорноземної зони. Особливою популярністю у виробництві користується сорт Московська 39, що поєднує високу врожайність, технологічні та хлібопекарські якості зерна.

Значних успіхів досягнуто в селекції зернобобових культур гороху, ярої вики та люпину вузьколистого. Селекцію цих складних для Нечорноземної зони культур багато років успішно веде доктор с.-г. наук, професор Дебелий Г.А. .. Під його керівництвом і за його безпосередньої участі створено 12 нових сортів, в тому числі 5 сортів ярої вики, що відрізняються скоростиглістю, швидким накопиченням зеленої маси, стійкістю до хвороб, толерантністю до злаків в змішаних посівах. Особливо відчутний прогрес досягнутий в селекції люпину вузьколистого: створені ультра скоростиглих, низькорослі (детермінантні), високобілкові, низько

алкалоїдні і з розтріскується бобами сорту Ладний і Дікаф 14, що дають при належній агротехніці стабільно високі врожаї насіння.

У досягнення селекційного центру вагомий науковий внесок внесли і інші вчені, що працювали в інституті. Великим ентузіастом селекційного перетворення культури озимого жита був кандидат с.-г. наук Кондратенко Ф.Т., вперше впровадив в практику селекції озимого жита метод насичують схрещувань, парних і групових перезапилення короткостеблових рослин, сімейний відбір за методом половинок і ін. Завдяки цьому вдалося створити перший стійкий до вилягання сорт жита Немчіновская 50, за яким пішли інші сорту (Схід 1, Схід 2 і ін.), які отримали визнання у виробництві.

Істотний внесок в розвиток нових методів оцінки селекційного матеріалу внесли кандидат с.-г. наук Шибаєв П.М. і кандидат технічних наук Беркутова Н.С. (Оцінка технологічних і хлібопекарських якостей зерна, на стійкість до проростання зерна в колосі і пивоварних якостей ячменю), кандидат хімічних наук Серені В.М. і кандидат с.-г. наук Рижков Т.Ф. (Розробка нових біохімічних методів для масової оцінки селекційного матеріалу), доктор біологічних наук Рібакова М.І. (Розробка фізіологічних і біофізичних методів оцінки сортів на зимостійкість, морозостійкість, посухостійкість і ін.), Доктор с.-г. наук Фоканов А.М. (Розробка способів підвищення якості насіння і методів їх оцінки).

Гуляєв Г.В. виявився першим, хто поставив наукові основи насінництва на міцний генетичний фундамент. Виходячи з позицій класичної генетики, він обґрунтував нові принципи побудови науково-організаційної системи промислового насінництва в країні, сформулював нові вимоги до сортооновлення і сортозміну, головним завданням яких вважав необхідність максимально швидкої і повної реалізації досягнень селекції.

На теперішній час основним завданням є створення високо адаптивних сортів озимої і ярої пшениці, озимого жита, озимого тритикале, ярого ячменю, вівса, гороху, ярої вики та вузьколистого люпину, здатних давати високі і стабільні врожаї зерна при високому його якості. У науково-методичному плані важливим розділом є розробка генетичних, біотехнологічних і технологічних методів оцінки селекційного матеріалу, виробництво оригінального насіння і реалізація їх насінницьким господарствам.

Використовуючи сучасні методи селекції, внутрішньовидову і віддалену гібридизацію, штучний мутагенез, авто- і Аллополіплоїдія, вчені Московського селекційного центру за роки його існування створили 130 сортів зернових і зернобобових культур, з яких 121 успішно пройшли державне випробування і були допущені до використання у виробництві.

Крім чисто селекційних робіт, в селекційному центрі ведуться дослідження з різних науково-методичних питань селекції. Особлива увага приділяється розробці цитогенетичних, технологічних, біохімічних і фітопатологічних методів оцінки селекційного матеріалу.

У числі завершених розробок лабораторії біотехнології - метод

індукованого апомікса у міжсортних гібридів озимої пшениці і вдосконалений метод отримання гаплоїдів ярого ячменю (автор - доктор біологічних наук Чистякова В.Н.). На їх основі запропоновано ефективні способи отримання і ідентифікації гаплоїдів і псевдодіплоїдних апоміктів, що в кінцевому підсумку дозволяє на 2-4 роки скоротити терміни виведення нових сортів і забезпечує можливість прискорено отримувати генетично стабільний вихідний матеріал для гібридизації, що поєднує в собі високу продуктивність, імунітет до хвороб, стійкість до вилягання і скоростиглість.

При використанні ліній диплоїдизованих гаплоїдів ячменю отримані високоврожайні сорти Біос-1, Рахат, Ельф, Суздаец і Вулкан, що набули широкого поширення у виробництві. В даний час розгорнуті дослідження з використання методу гаплоїдії в селекції пшениці та вівса за допомогою гаплопродюсера у *Zea mays* і отримання гомозиготних ліній озимого жита методом андрогенеза *in vitro*.

У лабораторії генетики і цитології під керівництвом доктора біологічних наук Лапочкін І.Ф. на базі міжродових гібридів *T. aestivum* x *Ag. speltoides*, *T. aestivum* x *Ag. triuncialis*, *T. aestivum* x *T. kiharae* створена колекція ліній ярої та озимої м'якої пшениці під назвою «Арсенал», що несе генетичний матеріал дикого виду. Отримано константні пшенично-егілопсні дисомнія-доповнені ($2n = 44$), а також заміщені, транслоціровані і рекомбінантні ($2n = 42$) лінії ярої та озимої м'якої пшениці, які є донорами господарсько-цінних ознак. Виділено генотипи з інтрогресированной системою рh-подібних генів, що представляють інтерес для посилення рекомбінаційних процесів в мейозі при міжвидових і міжродових схрещування. Слід зазначити,

Протягом ряду років в селекційному центрі під керівництвом академіка РАСГН Гончаренко АА ведуться дослідження зі створення гібридів озимого жита на основі ЦМС. На базі ефективних донорів самофертильності розгорнута масштабна робота по отриманню гомозиготних інбредних ліній озимого жита методом інцухт. У селекційних розплідниках по комплексу ознак вивчено понад 1300 інбредних ліній. Виділено короткостеблові, високопродуктивні і стійкі до снігової плісняви, борошнистої роси і бурої іржі лінії.

Обґрунтовано шляхи підвищення ефективності цілеспрямованого відбору ліній по короткостеблості, масі 1000 зернин і продуктивності колоса. Встановлено відносно низька (менше 1%) імовірність відбору цінних рекомбінантів, що поєднують короткостеблості високу продуктивність. Виділено перспективні лінії, які при висоті рослин 75-85 см мають масу зерна з одного колоса 0,8-0,9 г, що становить 50% від рівня популяційного сорти. Однак, отримати короткостеблові лінії з продуктивністю колоса на рівні 70-80% від стандарту вкрай важко, так як для цього необхідно проводити масштабну селекцію на поєднання ознак короткостеблості, зимостійкості та високою власної продуктивності.

За 10 лініях отримані повні стерильні аналоги і закріплювач

стерильності, які вже включені в масштабне розмноження і одночасно тестуються на комбінаційну здатність. На базі 4 синтетиків проведено пошук генотипів з високим індексом відновлення фертильності. Виділено 23 інбредних генотипу з підвищеною відновлювальною здатністю.

В останні роки розгорнуті роботи по селекції сортів і гібридів жита, придатних не тільки для виробництва хліба, а й для використання на корм тваринам і широкої промислової переробки. Це нове і досить перспективний напрямок в селекції культури.

Певні успіхи отримані і в плані практичної селекції. Виділено сорти та лінії жита з високою і низькою в'язкістю водного екстракту. На їх основі проводиться селекційна робота зі створення гібридів кормового і продовольчого призначення. В цілому оцінка сортів, ліній та гібридів жита по екстрагуються в'язкості водного екстракту є багатообіцяючою. Вона може служити надійним індикатором якісних характеристик вихідного матеріалу при селекції на цільове використання.

Роботу, проведену в науково-дослідних установах України по селекції зернових, зернобобових та круп'яних культур, багаторічних трав, льону, кормових коренеплодів, капустяних культур і кукурудзи, координує Національна академія аграрних наук України.

В останні роки все більші площі займають посіви озимого і ярого ріпаку, озимого тритикале, що дозволяє вирішувати проблему рослинного масла і дефіциту кормового білка в республіці.

Посіви озимого тритикале за останнє десятиліття збільшилася з 20 до 400 тис. га, з них на 75 % площ вирощуються білоруські сорти.

Вперше в історії країни створені білоруські гібриди кукурудзи - холодостійкі, скоростиглі, що дозволяють виробляти на півдні республіці власні високоякісне насіння. З їх появою зона вирощування кукурудзи на зерно в республіці розширилася на 100 км на північ від. У 2005 р вироблено 8,5 тис. т гібридного насіння кукурудзи, а в 2006 р вже вирощено 1,5 тис. т насіння вітчизняного гібрида Беліз.

Нові можливості у вирішенні білкової проблеми відкриваються в зв'язку зі створенням і використанням у виробництві сортів кормового люпину. Господарська цінність нових сортів вузьколистого люпину підтверджується внесенням 4 сортів до Державного реєстру Німеччини і допуском до обробітку в інших країнах Європейського союзу.

Багато в чому завдяки прогресу в селекції зернових і зернобобових культур в Україні за останні 10 років досягнуто позитивної динаміки зростання їх урожайності (1,7 ц на рік) і валового збору (417,6 тис. т зерна на рік).

В інституті склалися наукові школи з землеробства і рослинництва. В їх створення свій внесок внесли відомі вчені-аграрники Білорусі: доктора с.-г. наук Афонін М.І., Бачило Н.Г., Безлюдний М.М., Белов Г.Д., Берестов І.І., Горіна О.Д., Гриб С.І., Кадиров М.А., Козловський І.І., Коптік І.К., Кукреш Н.П., Кукреш Л.В., Кунцевич І.О., Мухін Н.Д., Нікончик П.І., Прокопов П.Є.,

Росенкова В.Є., Самсонов В.П., Семенов А.Л., Шевелуха В.С., Шкель МП., Шлапунов В.Н., кандидати с.-г. наук Журавель Б.М., Кривченя Н.І., Філіпенко І.В. та ін.

Використання еколого-географічної селекційної мережі дозволяє прискорити процес створення сортів за рахунок вирощування кількох поколінь рослин в рік, скоротити період оцінки нового сорту або гібрида і більш точно вказати ареал їх доцільного поширення. Необхідною елементом такої мережі стає високий рівень її технологічного забезпечення, представленого як комплексом теплиць і фітотронах, так і інформаційними центрами і т.п. Селекційні установи мають необхідну матеріально-технічну базу, прилади та обладнання, малогабаритну селекційну техніку.

Для виведення більшості нових сортів в умовах помірної зони зовсім недавно було потрібно не менше 12-15, а іноді і 18 років. Сучасна селекція не може миритися з такою тривалістю виведення сорту. Ще Вавилов Н.І. в 1934 р вказував на необхідність прискорення темпів селекційного процесу за рахунок забезпечення роботи з гібридами в зимовий період. У багатьох провідних великих селекційних центрах нашої країни створені першокласні фітотронах, що дозволяють отримувати два-три покоління рослин в рік і на цій основі різко прискорювати селекційний процес.

Прискорення селекційного процесу - характерна особливість роботи селекційно-насінницьких компаній багатьох країн світу. Наприклад, американська компанія «World Seeds» перетворила Каліфорнії в величезну теплицю: тут протягом всього року щомісяця проводять селекційні посіви і цілий рік ведуть відбір найбільш продуктивних ліній. Каліфорнію використовують і для масового розмноження створених сортів для отримання додаткового врожаю в зимовий час. Все це дає можливість більш швидко отримувати нові сорти з певними ознаками, що задовольняють запити сільськогосподарського виробництва.

Вивчення потенційної продуктивності рослин, що проводиться в фітотронах і польових умовах, дозволяє оцінити можливості отримання максимальних врожаїв і знайти шляхи управління величиною і якістю продукції. Визначаються найбільш сприятливі поєднання зовнішніх чинників за дією на врожай, при цьому оцінюються основні фізіологічні показники рослин, їх ріст і розвиток, а також особливості мінерального живлення

Інтенсифікація землеробства і рослинництва передбачає використання потенційної продуктивності сільськогосподарських рослин в максимальному ступені. Для реалізації потенційних можливостей рослин необхідно визначення оптимальних умов культивування. У герметичних фітотронах це завдання вирішується найбільш повно, де в багатофакторних експериментах визначається комплекс зовнішніх умов, що обумовлюють найкраще формування рослини на всіх етапах розвитку, при цьому дається оцінка добової і вікової динаміки основних функцій життєдіяльності рослини.

Такий інтегральний підхід до вирішення проблеми потенційних можливостей рослин дозволяє встановити тісний контакт основних

внутрішніх процесів і зовнішніх умов, що визначають урожай і його якість: мінерального живлення і засвоєння променевої енергії, газо- і водообміну, зростання, розвитку та інших.

Для вирішення цих питань були розроблені і створені герметичні фітотрони, в яких представляється можливим вирощувати рослини протягом усього вегетаційного періоду при заданих умовах культивування. Фітотронах і установках штучного клімату при нормальній роботі дозволяють отримувати 2-3 врожаї найбільш цінного матеріалу в осінньо-зимовий період і значно прискорюють селекційний процес. Фітотронах оснащені унікальним газоаналізатором на CO_2 і O_2 підвищеної точності, реєстраторами оптичної та теплової опромінення, системою автоматичного регулювання режиму харчування рослин, газового складу надземної і кореневої зон (1-5).

Відмінність працюючих в ВІУА установок штучного клімату від аналогічних вітчизняних і зарубіжних полягає в можливості цілодобового регулювання газового складу і регулювання інтенсивності газообміну у досліджуваних рослин. При цьому можна виділяти особливості мінерального живлення, фотосинтетичної і дихальної активності посівів і водообміну, а також варіантів їх поєднань в онтогенезі.

Досліди з різними сортами ярої пшениці інтенсивного типу дозволяють зробити висновок про те, що в контрольованих умовах герметичного фітотронах (потужність променевого потоку $300 \text{ Вт} / \text{м}^2$ ФАР, концентрація CO_2 - 0,3%, O_2 – 21 %, вологість повітря 40%, температура – $15\text{-}28^\circ \text{C}$ при необмеженій запасі мінерального живлення) в умовах гідропоніки можна отримувати врожайність 2-3 кг зерна з 1 м^2 при вмісті в ньому білка 14-16%.

При використанні герметичних фітотронах, в яких можна створювати умови різних кліматичних зон, проводиться поглиблене вивчення дії факторів зовнішнього середовища, в тому числі добрив, на різні процеси життєдіяльності рослин і їх продуктивність. Імітація певних кліматичних умов дозволяє повніше розкрити потенційну продуктивність рослин в конкретних природних умовах зовнішнього середовища, і, отже, намітити шляхи вдосконалення зональної технології вирощування сільськогосподарських культур і підвищення ефективності добрив в певних агроекологічних умовах.

Селекція рослин вимагає все зростаючих витрат ресурсів, що передбачає функціонування ефективних систем сортовипробування. Через великого розмаїття ґрунтово-кліматичних макро- і мікрозон і занадто повільного зменшення помилки при збільшенні термінів сортовипробування домогтися істотного підвищення репрезентативності оцінок державного сортовипробування тільки за рахунок збільшення їх кількості практично неможливо.

У зв'язку з обмеженими термінами сортовипробування (3-4 року) існує значна мінливість врожайності випробовуваних сортів і гібридів по роках. За 3 -5 річними даними державного сортовипробування визначити з точністю до 5-10 % середні багаторічні значення врожайності сортів практично

неможливо. Це пояснюється тим, що врожайність сильно варіює під впливом умов середовища, і досить часті випадки, коли роки випробувань нетипові для даної зони.

Так, коефіцієнти варіювання врожайності основних сільськогосподарських культур змінюються по роках в межах від 10 до 50 %, причому у більшості з них цей показник становить 20-30 %. Тому сортовипробування протягом 3-4 років дозволяє визначити середнє багаторічне значення врожайності з похибкою не менше 20%. У нетипові роки випробування помилки середніх багаторічних значень врожайності досягають 50 % і більше.

Необхідно також враховувати, що кожен вид культивованих рослин має специфічний потенціалом онтогенетичної адаптації і, отже, частота і схема розміщення селекційних і сортовипробувальних ділянок для різних культур буде різною.

Нерідко розрив у врожайності сільськогосподарських культур на ГСУ і в виробництві пояснюють лише недотримання агротехніки і іншими організаційними причинами. Тим часом першорядну роль відіграє створення єдиної географічної мережі ділянок сортовипробування, типізованих основні ґрунтово-кліматичні і погодні умови в зонах можливого поширення нового сорту або гібрида.

У процесі державного сортовипробування перспективні сорти і гібриди виділяються на основі порівняння їх з досліджуваних ознаками зі стандартними. Однак даний спосіб ефективний лише при аналізі сортів і гібридів, близьких до стандартів за характером їх основних реакцій на фактори зовнішнього середовища (природні і антропогенні). При випробуванні ж в цих умовах сортів, різко відмінних по їх реакцій від стандартів, серед забракованих сортів і гібридів з високою ймовірністю можуть виявитися і дуже цінні зразки. Це і є варіант забезпечення стійкості врожаю агроекологічних систем за рахунок підбору культур і сортів з протилежними адаптивними реакціями або біокомпенсації.

З урахуванням високої ймовірності несприятливих погодних умов, а також наявності негативних кореляційних зв'язків між потенційною врожайністю сорти, з одного боку, і його екологічною стійкістю і якістю врожаю - з іншого, постає питання просторово-часової репрезентативності оцінок на селекційних і сортовипробувальних ділянках.

Агроекологічні умови селекційного поля або державного сортоділяниці повинні типізувати зону потенційного поширення нового сорту за характеристиками ґрунту, погоди, мікроклімату, агротехніки тощо. Потенційно високоврожайні сорти значно вимогливіше до оптимального агроекологічному районування, оскільки вони більшою мірою, ніж екстенсивні, відображають зміною величини і якості врожаю, нерівномірний розподіл в часі і просторі факторів, що лімітують.

У систему сортовипробування слід ввести регіональні стандарти базисного рівня екологічної стійкості сортів до основним лімітуючим

абіотичних і біотичних факторів зовнішнього середовища (морозостійкість, скоростиглість, посухостійкість і ін.), А також показників якості (вміст білка, клейковини, цукру та ін.), Зниження яких вважалося б неприпустимим навіть при збільшенні потенційної врожайності.

У межах кожної агрокліматичної зони (в тому числі адміністративного району) спостерігається велика мінливість параметрів мікроклімату (тепло- і вологозабезпеченість, ймовірність заморозків і ін.), Типів ґрунтів і природних ландшафтів, що вказує на виняткову важливість агроекологічної оптимізації розміщення селекційних центрів з метою підвищення просторової репрезентативності одержуваних оцінок.

Очевидно, що якщо природні умови селекційного центру і державного сортодільниці нетипові по рельєфу, типу ґрунтів, мікроклімату і іншим умовам для основної агрокліматичної зони, то масштаб отриманих рекомендацій буде незначний. У цій ситуації найбільш ймовірно, що відібрані сорти і гібриди виявляться пристосованими лише до вузької екологічної ніші конкретного поля, а спроби перенести отримані результати на більшу територію приведуть до грубих помилок.

6. Екологічна пластичність сорту. Методи оцінки адаптивної здатності сортів

З ряду вимог, що пред'являються до сортів, на перший план висувається стійкість до екологічних факторів середовища, що лімітує формування потенційно можливої продуктивності. Ця проблема особливо актуальна в районах з різким проявом несприятливих для рослин елементів клімату. В цьому плані вивчення і оцінка екологічної пластичності сортів, сфери їх застосування та адаптації до реальних природно-кліматичних ситуацій є актуальним питанням сучасного процесу виробництва сільськогосподарської продукції.

Пристосованість сорту до різних погодних, ґрунтових і господарських умов ще в 1932 році була названа доктором с.-г. наук Пушкарьовим І.І. екологічною пластичністю. Останнім часом селекціонери особливу увагу приділяють екологічній пластичності сорту, зокрема пошуку статистичних параметрів її вираження.

Під пластичністю сорти, вважає Мединець В.Д., розуміють його широкі пристосувальні можливості до різних умов середовища. Деяко по-іншому визначають пластичність Eberhart SA, Russell WA, які розуміють її як позитивний відгук генотипу на поліпшення умов вирощування.

У зв'язку з тим, що розроблено багато методичних підходів і параметрів до оцінки екологічної пластичності і стабільності генотипів, існують різні тлумачення цих термінів і властивостей. Однак в будь-якому випадку ці терміни мають на увазі процес зміни в структурі та функціях, які забезпечують виживання в варіюють умовах зовнішнього середовища (Пакудін В.З., 1979).

Під екологічною пластичністю генотипу Eberhart S.A., Russel W.A., (1966) і Tai Q.C.C. (1971) розуміють його здатність адекватно реагувати на мінливі умови зростання, а Мамонтова В.Н. (1980), Пакудін В.З., Лопатіна Л.М. (1984) - здатність генотипів формувати високу врожайність хорошої якості в різних ґрунтово-кліматичних умовах, а також відгукуватися на поліпшення технології обробітку.

Екологічна пластичність сорту – це його біологічна можливість пристосовуватися до місцевих умов довкілля. Чим менше адаптований сорт до умов зовнішнього середовища, тим в більшій мірі змінюється хімічний склад зерна під впливом змінюються чинників, що визначають умови, тим більшою мірою варіює якість продукції одержуваного сорту. Екологічна пластичність сорту, на думку Мельникової О.В. (2007), тим вище, чим менше комплекс його селекційно-цінних ознак у різних умовах вирощування в порівнянні з іншими сортами досліджуваної вибірки.

Для вивчення рослинних угруповань в різних природних зонах і локальних екосистемах Костін В.І. та ін. (2009) пропонують використовувати коефіцієнт екологічної пластичності (КЕП), який характеризує пристосованість сімейства до тих чи інших умов проживання. Так як

екологічна пластичність сімейства визначається його видовим та біоморфологічним різноманітністю, ними запропонована така формула визначення коефіцієнта екологічної пластичності:

$$\text{КЕП} = \sqrt{V1 * V2},$$

де V1 - індекс видового різноманіття сімейства;

V2 - індекс Біоморфологічні різноманітності сімейства;

$$\text{Індекс різноманітності } V = 1 - \varepsilon \prod_{i=1}^n p_i^2.$$

Кількісно даний коефіцієнт змінюється в межах від 0 до 1, і з його допомогою можна кількісно, по числовим показниками порівнювати адаптивні можливості рослинних сімейств в тих чи інших умовах проживання.

Екологічну стійкість сортів в конкретних умовах зовнішнього середовища визначають також за методикою Rassielle AA, Hamblin J. (1981). Однак в більшості наукових досліджень перевагу віддають методикою, розробленою Eberhart SA, Russell WA (1966).

Адаптивність сорту слід розглядати і з позиції стабільності. Методи оцінки екологічної стабільності відрізняються як за ступенем складності обчислень, так і по застосовуваних підходів (регресійний, дисперсійний, кластерний та ін.) (Thoday F.M., 1953; Levis D., 1954; Finlay K. W., 1963; Eberhart S.A., Russel W. A., 1966; Tai Q.C.C., 1971; Неттевич Э.Д., 1985; Григорян Э.М., 1981; Аношенко Б.Ю., 1992). У процесі роботи з ними використовують пакети програм статистичного і Біометрика-генетичного аналізу в рослинництві та селекції AGROS, версія 2.09 (1999), а також комп'ютерної програми SONA.

У проблемі стабільності і пластичності найбільш важливі, на думку Кільчевський А.В., Хотильова Л.В. (1997), не так методи їх оцінки, які можуть відрізнятися в залежності від етапу селекційної роботи, обсягу досліджуваного матеріалу і методів його використання, скільки біологічне їх зміст, наявність у організмів успадкованих регуляторних систем, відносної автономності від умов навколишнього середовища.

При вивченні селекційного матеріалу і нових сортів в часі (різні роки) можна отримати інформацію про пластичності, яка показує особливості реакції генотипу на зміну екологічних умов. Погодні умови не мають повторності, їх градації змішані з ефектом досвіду в цілому. І якщо показник врожайності сортів різниться по роках, значить є взаємодія «сорт x умови року», ефект якого може бути проаналізований як дисперсійний комплекс.

Finley K.W. (1963) був запропонований метод, заснований на обчисленні коефіцієнтів лінійної регресії врожайності сортів на градації екологічних умов, представлених середньою врожайністю всіх досліджуваних сортів. Коефіцієнт показує, на скільки одиниць зміниться врожайність зразка при зміні індексу середовища на одиницю. Цей метод був доповнений Eberhart SA, Russel WA (1966).

Для кількісної оцінки параметрів пластичності і стабільності сортів ярого ячменю можна використовувати методика, представлену в роботі Склярвої Н.П. і Жаровї В.А. (1998). Суть методики полягає в з'ясуванні коефіцієнтів лінійної регресії врожайності сортів при градації екологічних умов (по роках), представлених середньою врожайністю всіх досліджуваних сортів. Коефіцієнт показує, на скільки змінюється врожайність сорту при зміні індексу умов середовища на одиницю. Стабільність сорти оцінюється за середнім квадратичним відхиленням-дисперсією (< відхилення - стабільн сорт).

Наочне уявлення про характер зв'язку між умовами вирощування і врожайністю дають графіки, де на лінії абсцис - індекси середовища, а на лінії ординат - теоретично розраховані значення врожайності.

Аношенко Б.Ю. (1992) з показників стабільності пропонував, наприклад, дисперсію відхилень (O₂), Григорян Е.М. (1981) – індекс стабільності (Іст.). Неттевіч Е.Д. (1985, 2001) запропоновані наступні показники оцінки стабільності: індекс стабільності (Іст.) І показник реалізації потенціалу врожайності (ПРПУ), оптимум якого перевищує 70 %.

Як вважає Хангільдін В.В. (1979), оцінка сортів за допомогою регресійної моделі Eberhart SA, Russel WA, (1966) не дає повної і об'єктивної характеристики порівнюваним генотипам. На думку автора, лімітуючим фактором врожайності є не потенційна продуктивність, а стійкість до несприятливих умов зовнішнього середовища, тобто гомеостатичність, і саме низький гомеостаз веде до зниження біологічної продуктивності рослин.

При цьому якщо пластичність сорту відображає мінливість ознаки і властивостей (наприклад, зерновий продуктивності) відповідно до зміни зовнішніх умов зростання, то гомеостаз обмежує цю мінливість в такій мірі, в якій це необхідно для підтримання сталості функцій організму.

Гомеостатичні реакції лежать в основі пластичності. Ці реакції обумовлені рядом ознак. Пальмова Е.Ф. і Вавилов Н.І. до числа найважливіших з них відносять тривалість вегетаційного періоду, інтенсивність росту і розвитку, швидкість наливу зерна при дозріванні, ставлення до тепла і холоду, ґрунтової і атмосферної посухи, едафічної стресів, проростанню насіння на корені і тривалості післязбирального дозрівання, стійкість до хвороб і шкідників і ін.

У селекції на гомеостатичність використовується жорсткий відбір в різних екологічних умовах, якому передують отримання великого спадкового розмаїття шляхом гібридизації та мутагенезу. Але пряма оцінка гомеостатичності в широкомасштабних екологічних випробуваннях ресурсо- і енергоємна, тому потрібна розробка досить простих критеріїв для відбору стабільних адаптивних генотипів, які можна застосовувати на ранніх етапах селекції.

З показників гомеостатичності більш наочну інформацію дає показник рівня і стабільності сорту (Пуссен), який є комплексним, оскільки дозволяє одночасно враховувати рівень і стабільність урожайності і характеризує здатність відгукуватися на поліпшення умов вирощування, а при їх

погіршенні підтримувати досить високий рівень продуктивності.

Хангільдінім В.В. (1979) запропоновані методики розрахунку гомеостатичності (\hat{m}) і селекційної цінності (Sc) сорти. Згідно з методикою, запропонованою Животковим Л.А. та ін. (1994), для аналізу продуктивного і адаптивного потенціалу сортів по варіюванню їх врожайності використовується поняття «середнє сортова врожайність». В її основі лежить положення про домінування видових адаптивних реакцій над специфічними рисами морфогенезу у різних сортів. На фактори зовнішнього середовища все одночасно відчують сорти реагують як одновидових система. Показник «середнє сортової врожайності» року і береться критерієм видовий норми.

В даному випадку зіставлення врожайності досліджуваних сортів проводиться не зі стандартом, а з середньою врожайністю за всіма порівнюваним сортам. Її величина висловлює загальну норму реакцію певної сукупності сортів на фактори зовнішнього середовища в кожному конкретному році. Показник норми реакції сортів в кожному році приймається за 100 %. Реакцію ж окремого сорту на сформовані конкретні умови вегетаційного періоду можна визначити при співвідношенні його врожайності з середнє сортової. При цьому цифрове значення цього показника може виражатися в % (пайова участь) або як відносна величина (коефіцієнт адаптивності). За величиною показника можна судити про продуктивність сорту. Якщо відношення двох розрахованих показників перевищує 100%, то такий сорт потенційно високопродуктивний.

Гольовий Г.Г. (1997) в умовах Центрального Чорноземля був проведений порівняльний аналіз об'єктивності методів визначення показників екологічної стабільності та пластичності, запропонованих Eberhart SA, Russel WA, (1966), Неттевіч Е.Д. (1985), Григоряном Е.М. (1981) і Аношенко Б.Ю. (1992). З цією метою проводився розрахунок коефіцієнтів кореляції між екологічними показниками дев'яти сортів озимої пшениці за різних умов вирощування. За отриманими даними автор розділила всі показники на три групи: показники пластичності, стабільності і гомеостатичності і вказала на тісну позитивну кореляційний зв'язок всередині груп і негативну між ними.

Отже, показники, що відносяться до однієї групи, характеризують одну властивість організму. Однак з усіх показників пластичності сорту тільки коефіцієнти регресії (b_i) дають задовільний результат. Жоден з показників стабільності не є об'єктивним. До схожих результатів прийшли й інші вчені з інших культур (Бебякін В.М., 1995; Лахани А.П., 2001).

Для з'ясування придатності нових сортів до конкретних умов за комплексом господарсько-цінних ознак і оцінки їх екологічної пластичності проводиться екологічне сортовипробування, яке є одним з ланок селекційного процесу, і на підставі результатів якого можна зробити правильний підбір структури сортового складу. Для об'єктивної і повної характеристики сортів в екологічному сортовипробуванні може бути використаний метод математичного моделювання.

7. Еколого-генетичні основи адаптивної селекції

З ростом наукоємності рослинництва його ресурсенерго-економічність, екологічна безпека і рентабельність будуть у все більшій мірі досягатися за рахунок керування продукційними і середоутворюючими процесами в агроєкосистемах за допомогою механізмів генетичної регуляції адаптивних реакцій культивованих рослин.

Адаптація - виникнення ознак і властивостей, які в умовах даного середовища є корисними для особини або популяції в цілому. Завдяки адаптації організм отримує можливість існувати в цьому середовищі. Адаптація називається онтогенетичною, якщо мова йде про здатність організму пристосовуватися в своєму індивідуальному розвитку до зовнішніх умов.

Онтогенетична адаптація може бути генотипичною, якщо відбувається відбір спадково детермінованою (зміна генотипу) підвищеною пристосованістю до змінених умов, або фенотипичною, коли мінливість обмежена нормою реакції, яка визначається стабільним генотипом. Якщо у організмів виникають ознаки, які мають значення для їх життя в умовах даного середовища, але є пристосувальними в умовах, що змінюються з часом, адаптація називається проспективною або передаптацією.

У несприятливих ґрунтово-кліматичних і погодних умовах першорядної важливості набувають методи міжвидової гібридизації, а проблема індукції генетичної рекомбінації в зв'язку з цим стає центральною в теорії і практиці селекційного процесу.

Оскільки саме генетичні рекомбінації, а не мутації служать основним джерелом адаптивної генотипичної мінливості у рослин, і тільки на їх використанні засновані методи інтрогресивної і трансгресивної селекції рослин, особливу увагу повинні приділяти:

- збору та ідентифікації генетичних джерел стійкості рослин до абіотичних і біотичних стресів;
- підвищення потенційної продуктивності тих видів рослин, які вже мають еволюційно-обумовленою стійкістю до нерегульованих факторів зовнішнього середовища;
- розробці методів міжвидової гібридизації на основі індукції генетичної рекомбінації і запобігання елімінації рекомбінантних гамет і зигот;
- створення селекційно-географічної та сортовипробувальній мережі, Типізуються ґрунтово-кліматичні особливості різних регіонів.

Великої уваги заслуговує і використання гібридів Р₂ що пов'язано не тільки з проявом гетерозисного ефекту, а й можливістю швидкого комбінування в найбільш важливих господарсько-цінних ознак, включаючи і ті з них, між якими існують негативні генотипичні кореляції і, отже, поєднувати які в звичайному сорті, як правило, не вдається.

Особливий інтерес представляє також вдосконалення і використання методів створення синтетичних і багатолінійних сортів.

У 40-х роках 20-го століття були сформульовані основні положення екологічної генетики культурних рослин, що показують безперспективність одностороннього підходу до управління адаптивним потенціалом рослин і відкривають якісно нові можливості селекції в біологізації і екологізації інтенсифікації процесів в сільськогосподарському виробництві.

На 17 Міжнародному конгресі з генетики, що пройшов під девізом «генетика і розуміння життя», екологічна генетика названа в числі 11 найважливіших напрямків сучасної генетики.

У працях Жученко А.А. (1980) з екологічної генетики рослин представлені принципово нові погляди на рослину як інтегровану систему генетичних детермінантів ядра і цитоплазми, на роль комбінаторної мінливості і систем її регуляції, на роль абіотичних і біотичних факторів зовнішнього середовища, які виступають не тільки в якості векторів відбору, а й індукторів мутаційної і рекомбінаційної мінливості організмів.

Аналіз великої кількості власних і залучених експериментальних даних послідовно і системно розглядався і узагальнювався автором в численних публікаціях.

Автор експериментально обґрунтував першорядну роль інтегрованості генома у вищих еукаріотів, яка виявляється в формуванні блоків коадаптованих генів і збереженні їх при передачі спадкової інформації від одного покоління до іншого.

Жученко А.А. (1980) виділив роль мейотичної рекомбінації в формуванні потенційної і доступною відбору генетичної мінливості рослин, показав необхідність переходу від управління успадкованого моногенних ознак до контролю комбінаторики полігенних ознак, багато з яких асоційовані з мінливістю господарсько-цінних показників.

У своїх фундаментальних роботах Жученко А.А. (2008, 2009) глибоко аналізує і розкриває еколого-генетичні основи адаптивного потенціалу сільськогосподарських рослин, визначає пріоритетні напрямки їх в адаптивної селекції, сортовипробуванні і насінництві, в інтегрованих системах захисту рослин.

Автор розглядає сучасні досягнення в оцінці значення адаптивного потенціалу культурних видів рослин. Відзначається, що відсутність системного підходу в дослідженнях живого часто призводить до масштабних казусів в самій генетиці, як, наприклад, сучасна тенденція пошуку головних генів кількісних ознак.

Такі пошуки були одним з базових аргументів при створенні проектів картування геномів різних видів. У той же час досить давно стало ясно, що для даного кількісної ознаки в різних умовах визначальне значення можуть мати абсолютно різні гени, наприклад, гени стійкості до абіотичних і біотичних факторів навколишнього середовища.

Очевидно, що саме властивість «ключового» обмеження розвитку конкретного кількісного ознаки як естафета може мігрувати від одною гена до іншого в залежності від особливостей ендо - і - екзогенних умов розвитку

організму. Мабуть, саме тому в приватній генетиці різних видів культурних рослин накопичуються експериментальні дані про десятки генів, алельних варіанти яких виявляються пов'язаними зі стійкістю рослин до конкретного фітопатогенів або абіотичних факторів.

Явний контраст між ступенем складності впливу і кількістю «головних» генів стійкості наочно свідчить про низьку ефективність таких досліджень. Вони не враховують інтегрованості відповіді організму в мережеві взаємини між генотипичної і навколишнього середовищами, що і є, за визначенням автора, основним предметом досліджень екологічної генетики.

Жученко А.А. (2008, 2009) вводить системне поняття адаптивного потенціалу як функції взаємозв'язку генетичних програм онтогенетичної і філогенетичної адаптації. У такому формулюванні нетрадиційними є два аспекти:

- в загальній «генетичній системі» організму функціонально виділені генетичні програми онтогенетичної і філогенетичної адаптації, які можуть бути схильні до подальшої структуризації;
- враховуються особливості функціонування кожної із зазначених програм і складових їх генетичних детермінант, а також їх взаємодію при формуванні онтогенетичних і філогенетичних адаптивних реакцій цілісного організму.

Підкреслюються особливості принципів і методів адаптивної селекції рослин, які базуються на дискретно-системному підході екологічної генетики до функціональної структуризації «генетичної системи».

Саме екологічна генетика враховує найважливіші пріоритети стратегії адаптивної інтенсифікації рослинництва, розкриває мети і можливості біоенергетичного, біоценотичного, симбіотичного, едафічної і інших напрямів селекції. При цьому потенціал онтогенетичної адаптації рослин розглядається як результат дії і взаємодії коадаптованих блоків генів.

Відзначається, що подальше зростання врожайності по найважливішим культурам стримується вже досягнутим високим індексом врожаю, зокрема, зернової продукції (0,5-0,8). Констатується посилення залежності варіабельності величини і якості врожаю від нерегульованих факторів зовнішнього середовища.

Дискретно-системний підхід до аналізу адаптивного потенціалу рослин дозволяє більш реалістично оцінювати характер дії факторів зовнішнього середовища, які виступають не тільки в ролі «сортувальника» генотипів за ознаками онтогенетичної адаптації, а й впливають прямо і побічно на генотипичну мінливість популяції (частоту і спектр мутацій, рекомбінацій і т.п.).

При цьому умови біоценотичного середовища еволюціонують і в результаті зміни адаптують функції самих компонентів біоти. Автором підкреслюється, що адаптивний потенціал вищих рослин як інтегроване властивість цілісних систем характеризується специфічною для кожною виду

взаємозв'язком адаптивних реакцій в онтогенезі і філогенезі, функціональної ієрархією відповідних генетичних детермінант, проявом компенсаторних, синергических і ретроспективних за своєю природою ефектів.

Розглядаються мейотичні мутації та інші фактори, що впливають на частоти рекомбінаційних процесів, такі як регуляція кон'югації хромосом, внутрішньо- і міжхромосомні інтерференція, зміни розміру генома, кількості хромосом, плідності, залежно від статі і віку. Викладено концепцію двоїстого «грубого» і «тонкого» генетичного контролю рекомбінації.

Обґрунтовується положення про еколого-філогенетичної зумовленості рекомбінації, намічені шляхи управління прихованої потенційної мінливості. Такий підхід піднімає на новий рівень можливості вирішення проблем адаптивної селекції і по-новому висвітлює значення рекомбіногенеза для синтетичної теорії еволюції.

Автором проілюстровані положення, що пояснюють багато механізмів взаємодії між генофонду популяцій і зовнішніми умовами і дозволяють сформувати нові напрямки селекційної роботи. Саме уявлення про те, що еволюцію живого не можна розглядати без урахування рекомбінаційної мінливості, а також складності самого поняття про відбір комплексу різноспрямованих векторів і про його мішенях – коеволюціонуючих спільнотах видів і абіотичних компонент, мабуть, може привести до того, що еволюційна генетика перетвориться в природний підрозділ екологічної генетики.

Тоді очевидною стане їх спадкоємність, і знімуться протиріччя в оцінках, наприклад, відмінностей механізмів «філогенетичної» адаптації між різними царствами, домінуючого значення горизонтального обміну між геномами бактерій, поліплоїдизації у рослин і т.п.

Більш зрозумілою стане взаємозв'язок між ними і виявиться, що відмінності у використанні таких механізмів швидше кількісні, ніж якісні. Інакше будуть сприйматися питання еволюції видових спільнот та шляхи розробки методів управління ними.

Корисні властивості сортів створюються в процесі селекції і обумовлюються генетичною структурою окремих особин в цілому. Кожна властивість рослин володіє певною генотипичною нормою реакції, ступінь прояву якої залежить від чинників зовнішнього середовища.

Абіотичні та біотичні фактори зовнішнього середовища визначають не тільки темпи і напрямки природного відбору, але і виступають як індуктори генетичної (мутаційної, рекомбінаційної і ін.) мінливості. З основних положень екологічної генетики про особливості формування і функціонування адаптивного потенціалу у вищих рослин впливають нетрадиційні підходи до управління генетичною мінливістю.

Екзогенна регуляція адаптивних реакцій припускає управління експресивністю генів (або блоків генів), які обумовлюють потенційну продуктивність і екологічну стійкість рослин. Крім того, є реальна можливість індукування якісно нових адаптивних реакцій, що лежать за

межами генетичної програми даного виду (сорт) рослин.

Центральне місце в адаптивній селекції займають екологічні та біоенергетичні підходи до управління модифікаційної і генотипичної мінливістю культурних рослин. Причому до завдань селекції відносяться не тільки розширення спектра доступної відбору генетичної мінливості, але і прискорення її темпів.

Практична реалізація взаємопов'язаного управління потенційної онтогенетичної і філогенетичної адаптації культивованого виду при високій генетичній варіабельності відбувається переважно шляхом селекційного зміни досліджуваної ознаки, тоді як при високій модифікаційній мінливості ознак їх регуляція здійснюється прийомами сортової агротехніки.

Еволюційно-аналоговий підхід орієнтує на збільшення генотипичного різноманітності не тільки за ознаками з найменшим коефіцієнтом фенотипичної варіації, але і по полігенним ознаками. Саме по фенотипичним ознаками з низьким коефіцієнтом варіації в широкому діапазоні мінливості чинників зовнішнього середовища і вдалося створити найбільшу генетичну різноманітність сортів.

Для адаптивної селекції рослин важливим є те обставина, що різні компоненти і субкомпоненти врожайності, в тому числі що зумовлюють високий рівень потенційної продуктивності та екологічної стійкості, нерідко знаходяться під контролем різних генетичних систем, і, отже, в одному сорті або гібриді можна забезпечити їх поєднання.

Виходячи з інтегративної природи адаптивних реакцій рослин в онтогенезі, передбачається більш широке використання кореляційних зв'язків між селекціруемими ознаками, а також сполученої мінливості адаптивних реакцій і структур в процесі відбору. У той же час негативні кореляції між компонентами (факторами), що збільшують потенційну врожайність і стійкість рослин до впливу стресів, є головною причиною зниження можливостей поєднання в одному генотипі високих показників величини і якості врожайності з їх екологічною стійкістю.

Адаптивна селекція має ряд переваг в порівнянні з традиційними підходами: аналіз великої кількості генотипів і маніпулювання з гаплоїдним генотипом, менш захищеним від впливу стресових факторів. Встановлено, що 60-70% генів спорофіта проявляється і на рівні гаметофіту.

Ведеться інтенсивна розробка методів пилкової селекції на стійкість до ряду біотичних і абіотичних факторів: високої та низької температури, засолення і іншим, проте подібні методи ще не апробовані в селекції рослин з мінімальним накопиченням важких металів.

Пошук унікальних природних і створення штучних генів цільового призначення для селекції толерантних і надстійких сортів рослин до біотичних і абіотичних факторів є пріоритетом першорядної важливості, оскільки інтенсивно розвивається напрямок гаметної селекції, як стійкість до підвищеного вмісту в продукції шкідливих речовин (нітратів, важких металів, радіонуклідів, токсинів грибів, пестицидів тощо).

Важливою є сьогодні проблема, пов'язана з виявленням сортів, які не накопичують або мало накопичують у врожаї радіонукліди, пестициди та важкі метали. Її рішення вимагає нових генетичних підходів. Неясні поки механізми та генетичні структури, що контролюють і регулюють цей процес. Важливо розшифрувати конкретні механізми, в тому числі генетичні, що лежать в основі цього процесу, розробити методи і принципи підбору генотипів і їх конструювання генно-інженерними методами.

Стоїть завдання отримання форм з високим коефіцієнтом енергетичної ефективності. Сорти і технології в умовах виробництва повинні забезпечити його, як мінімум, на рівні 1,5-2,0. Ця проблема прямо пов'язана з коефіцієнтом використання ФАР і застосуванням енергоекономічних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Повинні бути розвинені дослідження генетичного контролю якості, створення відповідних донорів і джерел, уточнені селекційні програми отримання високоякісних сортів і гібридів сільськогосподарських культур.

Створення форм з високим збалансованим якістю одержуваної з них продукції має на увазі роботу в напрямку підвищення вмісту основних поживних інгредієнтів, їх співвідношення, стійкості до пошкодження, окислення і розпаду при зберіганні, загальної енергетичної цінності, перетравленості і засвоюваності, змісту білків-інгібіторів ферментів, біологічно активних сполук, шкідливих для людини речовин та ін.

Надзвичайно важливо вивчити біологічні особливості існуючих пластичних сортів і на цій основі розробити генетичні принципи адаптивної селекції і насінництва. Аналіз шедевра селекції по пластичності сорти озимої пшениці Миронівська 808 по одному з маркерних ознак - ступеня остистості колоса-виявив, що цей сорт складається з форм декількох типів: 1 - повністю безостий колос (еулютесценс), 2 - остистий на 1/4 (лютесценс), 3 - напівоститий колос (суберітроспермум), 4 - остистий на 3/4 і 5 - повністю остистий колос (обидва ерітроспермум). Співвідношення їх залежить від року і району обробітку. У різні роки виявляються більш врожайними ті чи інші різновиди сорту. У посушливому році найвища врожайність виявлена у форм з безостим колосом, а найнижча-у остистих на 3/4,

Такий механізм стабільності врожайності зазвичай виявляється у пластичних сортів. Слід, однак, мати на увазі що адаптивне значення внутривидового поліморфізму пов'язано не тільки з перевагою генетично неоднакових форм в різних умовах, але і з ефектом їх взаємодії в агроценозах.

У досліджах Молчан І.М. (1993) з вирощування виділених у сорту Миронівська 808 форм в однотипних посівах і в суміші виявлено зростання фактичної врожайності останньої в порівнянні з теоретично очікуваної за умови відсутності взаємодії між компонентами суміші.

Поліпшення взаємних відносин між рослинами різних ліній в сортовий популяції в порівнянні з однотипним посівом веде не тільки до підвищення врожайності, а й її стабільності, густоти стеблостою, зменшення поширення

хвороб, шкідників, бур'янів, а також зниження реакції на різного роду антропогенні навантаження.

Довгий час і в еволюційному вченні, і в селекції самоzapильних видів ставилося завдання пошуку видатного рослини як родоначальника сортилінії. Такий підхід не може бути використаний в адаптивної селекції. Досліди показують, що рослини (на рівні організму в розрідженому посіві), не відрізняючись стійкістю, тобто не володіючи донорськими властивостями окремо взятої особи, в умовах взаємодії (в посіві) можуть придбати стійкість і до хвороб, шкідників і абіотичних стресових факторів.

Ці експерименти пояснюють, чому класичні генетичні моделі селекційно значущих кількісних ознак, розроблені для організменного рівня, не відображають реальну ситуацію в умовах взаємодій в агроценозах. А це означає, що висновки, зроблені за результатами досліджень організмів (предмета вивчення, як правило, генетики), можуть бути незастосовні для ценозу - предмета і кінцевої мети селекції.

Для розробки принципів адаптивної селекції генетикам необхідно, в першу чергу, звернути увагу на створення методів генетичного аналізу суперорганізму (генотипу в системі популяції, фітоценозу і біоценозу); на розшифровку еколого-генетичної організації селекційно значущих кількісних ознак з урахуванням біоценотичних (внутрішньовидових і міжвидових) взаємодій; на виявлення природи не стільки індивідуальної, скільки груповий мінливості і пристосовності; на поширення мутаційних явищ як реакції клітини і організму на зовнішній вплив; на розширення понять «генетична інформація», «геном», «генетична інженерія» з організменного на ценотичний рівень.

Генетичні принципи адаптивної селекції і насінництва при створенні і відтворенні сортів зі стабільно високою врожайністю та якістю продукції розробляються на основі вивчення біологічних особливостей пластичних сортів і природних біоценозів.

Заслуговує на увагу в екологічній генетиці принцип еколого-генетичної різноманітності. Генетична основа пластичності і стабільності - властива кожному виду збалансована гетерогенність, а елементарної еволюційної одиницею є спільнота організмів. До сих пір в селекції і насінництві самоzapильні видів переважав організму-центристський підхід. Найважливіша особливість сучасної еволюційної теорії - заміна цього підходу якісно новим, біоценотичним. Якщо селекція-це еволюція, то в селекції на адаптивність співтовариство організмів має стати об'єктом для впливу і відбору.

Значна частина фізіолого-біохімічних і селекційно-генетичних досліджень сорти ґрунтується на усереднених даних організменного рівня. При описі колекційного зразка і моделі сорту, а також в інструкціях по методиці відтворення сорту в первинному насінництві дається характеристика однієї рослини.

При такому підході в селекції і при пошуку донорів генів господарсько-

цінних ознак ми випускаємо з виду, що сорти (особливо місцеві) і центри походження культурних рослин - джерела не тільки нової зародкової плазми, але і генетичного різноманіття.

Ось чому і сьогодні актуальна думка Вавилова Н.І. (1931) про те, що при описі колекційних зразків «абсолютно недостатньо діагнозу хоча б на цілу сторінку, детального опису всіх органів ... необхідне знання системи мінливості, амплітуди спадкових відмінностей окремих ознак».

А це означає, що поряд з традиційним виявленням ефектів окремих генів у зразків настає період організації робіт як по вивченню внутрішньопопуляційного генетичної різноманітності, так і по каталогізації біоценотичних ефектів селекційно значущих генів.

Біоценотичний підхід до сорту як до єдиної саморегульованої цілісної системи дозволяє розглядати його як надорганізм (суперорганізм) і використовувати для синтезу сортової популяції механізми створення збалансованого гетерозисного організму. Тому стає зрозуміло, чому посів батьківських форм, підібраних по комбінаційної здатності і дають при схрещуванні ефект гетерозису, забезпечує їх взаємну стимуляцію і підвищення врожайності при вирощуванні в механічній суміші.

В процесі селекції синтез збалансованої популяції у самоопилювачів йде нерідко шляхом включення в неї ліній з гібридного матеріалу однієї, як правило, гетерозисної комбінації схрещування. При цьому відбувається відбір морфологічно подібних, але функціонально різних біологічно сумісних біотипів.

Поліпшення взаємних відносин між рослинами сортової популяції в значній мірі обумовлює прогрес селекції. Не випадково інтенсивні сорти в порівнянні з екстенсивними здатні витримувати значно більшу щільність рослин в посіві.

Значення збалансованої гетерогенності виявлено не тільки при використанні сортів, але і в селекції гетерозисних гібридів. Механізм і реалізація гетерозису зазвичай розглядаються на рівні організму. Тим часом на даному рівні гетерозис може не бути вчений селекційно значущого гетерозису на рівні посіву. Однак що використовується у виробництві гетерозис - завжди показник збалансованості не тільки генів в геномі, але і організмів в ценозі. В такому посіві вище виживаність рослин до збирання, менше поширеність хвороб, шкідників, активніше розвивається мікрофлора.

Гетерогенність популяції - необхідна умова прояву високої продуктивності гетерозисних організмів. Саме тому вирощування Б: в механічній суміші з батьківськими формами або отримання гетерогенного Б: на основі самозапилених ліній низького рівня інбридингу веде до підвищення врожайності посіву. Подальша розробка теорії отримання селекційно значущого, стабільного по роках ефекту гетерозису пов'язана із з'ясуванням генних ефектів не тільки у організму, а й еколого-генетичних взаємодій в системі агробіоценозу.

Висновок про значення виробничо-відчутного ефекту збалансованої

гетерогенності цілком можна застосувати і для мутаційної селекції. Довгий час при радіаційному мутагенезу для отримання змінених форм прийнято було використовувати дози радіації, при яких приблизно половина опроміненого матеріалу гинула, а інша мала різну ступінь депресії.

Тим часом спеціально проведені дослідження показали, що при опроміненні малими мутагенними дозами, при яких виявляється трохи видимих мутацій, але проявляється гетерозисний ефект в потомстві, виявляється більше селекційно значущих форм. Тому при використанні в селекції мутагенних стимулюючих доз (як і гетерозисного ефекту при гібридизації) увага повинна бути звернена на ценотичні ефекти.

Про значення збалансованої генетичної гетерогенності популяції в мутаційної селекції свідчить велика ефективність використання суміші мутантних форм, ніж чистолінійних мутантів, а також виявлення більшої кількості селекційно значущих форм не в МБ а в більш пізніх мутантних поколіннях і можливість зміни структури сортової популяції і підвищення врожайності потомства при використанні малих доз радіації.

Висновок про значимість збалансованої гетерогенності посіву можна зробити і при використанні поліплоїдії. Так, в виробничих посівах полігібриди (наприклад, буряка) ми маємо справу з анізоплоїдними популяціями, що складаються з суміші гібридних (тріплоїдний) гетерозисних рослин і батьківських (диплоїдних і тетраплоїдних) форм, відібраних за комбінаційної здатності. Виявилось, що збільшення продуктивності такого полігібриди на 60-70% обумовлено ефектом взаємодії в суміші ди-, три- і тетраплоїдних рослин, а не самим ефектом поліплоїдії.

Як бачимо, і при традиційних методах створення сортів, і при використанні поліплоїдії, гетерозису або мутагенезу виявляється селекційно значимий ефект генетично збалансованої внутрішньопопуляційної гетерогенності. А це означає, що і в процесі насінництва необхідно зберігати ту структуру сорти, при якій він проходив державне випробування і перевершував по врожайності стандарт.

Ще при організації системи насінництва Лісцин П.І. (1953) визначив насінництво як розмноження сорту без відбору. При використанні підтримує відбору він пропонував орієнтуватися не на виділення типових рослин, а на видалення нетипових.

Тим часом організм-центріський підхід до сорту від селекції перейшов до насінництва, орієнтуючи насінневода на проведення систематичного внутрішньосортового індивідуально сімейного відбору ліній не тільки типових по морфології, але і кращих за продуктивністю, а також стійкості до біотичних і абіотичних факторів.

Такий підхід дійсно веде до вирівнювання сорти в процесі первинного насінництва, проте знижує його адаптивні можливості. При цьому замість поліпшення сорту в процесі насінництва відбувається його погіршення. Тому в даний час з'являється все більше прихильників використання в насінництві масового відбору і навіть просто пересіву насіння.

Необхідно звертати увагу на принцип стабілізації структури сортової популяції, тому що до теперішнього часу в прикладній генетиці та селекції основні зусилля були спрямовані на пошук і вивчення видатної по продуктивності форми. Тим часом крайні за ступенем вираженості ознаки фенотип в порівнянні з середніми мають менш стабільною врожайністю при зміні екологічних умов.

Ось чому в селекції самоzapильних видів організмів-центристський підхід дозволив створити сорти з високою потенційною продуктивністю, проте сприяв при цьому зростанню енергетичних витрат на їх обробіток, зниження у них генетичної різноманітності і адаптивності.

Висновок про ефективність модельного відбору для збереження генетичної структури сортової популяції можна зробити і щодо ботанічних ознак. Досліди Молчан І.М. (1987) з сортом озимої пшениці Миронівська 808 показали, що тільки середні за ступенем вираженості остистості форми (2, 3 і 4-й типи) мають системоутворюючою здатністю і відтворюють в потомстві вихідну структуру сорти. Крайні ж (повністю безості і остисті) фенотип дають в потомстві тільки вихідний тип колоса, відбір їх в насінництві як родоначальних рослин може привести до зміни структури сорти.

Висновок про небажаність відбору видатних форм було зроблено і по стійкості до хвороб після впровадження у виробництво високоврожайних лінійних сортів з моногенної абсолютною стійкістю до деяких рас паразитів.

Зникнення з агроценозів сорти маловірулентних рас сприяє виникненню, відбору та поширенню більш агресивних рас, різкого зниження продуктивності і навіть загибелі посіву. Це сталося з високостійкі до бурої іржі сортами озимої пшениці Аврора і Кавказ на третій рік після їх поширення у виробництві.

Таким чином, вертикальна стійкість до хвороб, даючи миттєву вигоду, може виявитися марною з точки зору селекційної практики, а тому не може лежати в основі селекції пластичних сортів.

Що стосується насінництва, то в ньому становлять інтерес насамперед екологічні модифікації насіння, прояв яких залежить від умов формування зерна, збирання, післязбиральної обробки і зберігання.

До еколого-генетичних причин «виродження» сортів відноситься низька напруженість відбору по полігенним або латентним ознаками на етапах первинного насінництва, тривалий вирощування насіння в ґрунтово-кліматичних умовах, що відрізняються від умов, в яких створювався сорт; різна мутабельність генів, зокрема, фенотипически експресіруємих, повторні мутації у інбредних ліній і т.п.

Частота і ефективність сортооновлення залежать від генетичної гетерогенності сорти, а також генетичної природи (моно- або полигенов) основних селекціруємих ознак.

Окремою проблемою, давно стоїть перед сільськогосподарської наукою, яка може бути сформульована у вигляді теми, є розробка принципів реалізації генетичного потенціалу сорту в процесі насінництва.

Відсутні чіткі методичні селекційно-генетичні основи первинного насінництва. Селекція і насінництво органічно пов'язані, так як останнім продовжує і реалізує досягнення першої. В умовах ринкових відносин цей зв'язок має ще більше міцніти і переходити в загальну єдину систему. Створювані сорти є продуктом штучного і природного відбору, який триває і в процесі насінництва. А в результаті до сих пір неясно вплив його на генотип сорту.

Роботи Неттевіч Е. (1985, 2001), Молчана І. (1987, 1993), Ларіонова Ю. (2004) та ін. Показують, що біотіпний склад сорту за 3-4 роки може помітно змінюватися. Таким чином, необхідно методично удосконалювати первинне насінництво з позицій контролю за біотіпним складом сорту.

У різних НДІ спостерігається велика суперечливість в методах відбору в прийнятих схемах первинного насінництва одних і тих же культур і сортів: простий пересівши в розплідниках розмноження оригінального насіння, індивідуально-сімейний відбір, масовий відбір, індивідуально-сімейний підтримує відбір, електрофоретичний контроль за біотіпами і сім'ями і т.д.

Відсутня генетичне обґрунтування насінницьких принципів реалізації генетичного потенціалу продуктивності сорту. Про це свідчить той факт, що сучасна насінницька практика реалізує його на 20-30%, а в кращому випадку - на 50-70%. Проблема полягає ще і в понятійній науково-теоретичній термінології.

Для обґрунтування принципів реалізації генетичного потенціалу продуктивності сорту необхідно ввести поглиблюють і розширюють поняття: принципи природного і штучного відбору, що включають певні сукупності селекційно-генетичних методів; генотип сорту як філогенетично обумовлене поєднання його генів і хромосом, фенотип сорти як онтогенетичне обумовлену експресію генів, що забезпечують ступінь розвитку його ознак і властивостей в конкретних агроекологічних умовах.

Сьогодні це необхідно для селекційно-насінницької практики, так як не завжди представляється можливим визначити фенотипічні і генотипічні відмінності між сортами, оскільки кожна особина не що інше, як модифікація фенотипу в конкретних умовах реалізації генотипу.

Звідси випливає висновок, що реалізація генотипу є управління модифікаціями його фенотипу, тобто відбираючи модифікації, ми обумовлюємо онтогенетичну спадкоємність поколінь даного генотипу сорту. Це підтверджується неоднаковими врожайними властивостями партій насіння одного сорту, а також численними дослідженнями з отримання насіння в різних ґрунтово-кліматичних зонах і впливом зональних умов на врожайність сортів.

Слід зазначити слабку теоретичну і практичну обґрунтованість методичних положень оцінки сортових, посівних і врожайних властивостей насіння оброблюваних сортів. У практичному плані на першому місці стоїть врожайність, яка реалізується генотипом через формування агрофітоценозів як основи існування генотипу в сільськогосподарському виробництві. Отже,

основа врожайних властивостей насіння криється в фенотипічних відмінностях реалізації генотипу в часі і просторі через механізм генетичного гомеостазу та експресії генів.

Тільки чітко зрозумівши генетичну природу модифікацій, можна перейти до практичного розуміння відмінностей в морфо-фізіологічних властивості насіння і здатності їх забезпечити реалізацію генетичного потенціалу продуктивності сорту. Сортові властивості доцільно оцінювати через удосконалену апробацію сортових посівів і електрофоретичні спектри біотипів сорту або сімей, що включаються в розплідник розмноження.

Ще однією причиною, яка є серйозною перешкодою на шляху реалізації генетичного потенціалу продуктивності сорту, є слабка біологічна обґрунтованість комплексів сільськогосподарської техніки, які забезпечують отримання високоякісного насіння в безперервній технологічній ланцюжку насіння-поле-рослина-насіння, що в кінцевому підсумку веде до нерівності посівів, великій різноякісності насіння і зниження їх врожайних властивостей.

8. Реалізація адаптивного потенціалу рослин у нових умовах існування

8.1. Дослідження рослин на різних ієрархічних рівнях

У зв'язку з загостренням екологічної ситуації й зменшенням біорізноманіття все більшої уваги набуває раціональне використання його компонентів, в т.ч. рослин культурних видів як не лише ключової автотрофної складової й енергетично найактивнішої ланки всіх екосистемних процесів біосфери, але й зручного об'єкта екологічних досліджень. Вирішуючи зазначені вище проблеми, уже існує і продовжується розробляти низка способів і підходів щодо покращення стану навколишнього середовища. Значну частку планети займають антропогенне трансформовані екосистеми, стале використання яких включає часто антропоцентричні підходи. Сучасний кризовий стан довкілля останніми десятиріччями спонукає все більшої уваги до біоцентричних підходів, за яких екологічним імперативом є не підпорядкування природи інтересам людини, а узгодження, гармонійне поєднання людської діяльності і законів природи. Такому розвитку відносин передують модель, яка б за рахунок прогнозів вирішувала концептуальні проблеми, скеровуючи подальші дії у напрямку динамічної рівноваги процесів в екосистемах й оптимізації життєвого стану біорізноманіття. Значимість такого підходу передбачали М. П. Акімов, І. Г. Серебряков, В. В. Тарасов, О. Л. Бельгард і А. П. Травлєєв, та ін., хоча їхні розробки більшою мірою стосувались рослинного покриву природних біогеоценозів. У працях М. Т. Масюка, В. П. Кучерявого, У. Б. Башуцької, І. В. М. Зверковського, Т. М. Євтушенко, доведено екологічну значимість окремих видів рослин з метою відновлення девастрованих ландшафтів. Не втрачає своєї актуальності управління життєвістю рослин культурних форм у межах тих чи інших екосистем, для яких все більшого удосконалення потребують методи та концепції, що базуються на комплексі структурно-функціональних особливостей адаптаційних змін як пристосувальних механізмів до умов довкілля. Важливим етапом в розширенні функціональних можливостей та гармонізації рослинності з умовами існування є розгляд «відповідей» рослин за їх пристосуваннями до певної амплітуди коливань екологічних чинників на різних рівнях інтеграції живої матерії. Оскільки морфологічні та життєві параметри рослин контролюються генетико-фізіологічними механізмами, дослідження структурно-функціональних особливостей адаптації культурних видів рослин, на прикладі найбільш поширених і продовольче цінних культурних видів триби *Triticeae*, має важливе значення з позиції удосконалення елементів управління їх життєвим станом у межах тих чи інших екосистем. Рослинний організм, як складна ієрархічно підпорядкована система, здатний до саморегуляції та самовідтворення. Кожна рослина по-різному вимоглива до температурного, водного, повітряного, ґрунтового, світлового, поживного

режимів. Кожний вид адаптований до специфічного для нього комплексу умов навколишнього середовища – і має свою екологічну нішу в біоценозі (чи в біосфері загалом). У процесі пристосування живих організмів та популяцій до умов навколишнього середовища їх життєвість визначається лімітуючими абіотичними й біотичними чинниками, які формують структурно-функціональну організацію, продуктивність біоценозу та екосистеми зокрема. Так, в посушливих умовах Лісостепу, Степу життєздатність природних і культурних видів обмежується вологою, у малородючих – вмістом поживних елементів, органічної речовини; засолених ґрунтах – вмістом сульфату кальцію і т.д. Відхилення умов життя від оптимуму, який для певного виду по кожному з чинників має своє значення, зумовлює відповідну реакцію рослин – екологічний стрес, як сукупність захисних фізіологічних реакцій, що виникають в організмі рослин у відповідь на вплив низьких чи високих температур, обезводнення, нестачу поживних речовин, впливу поллютантів, опромінення тощо. Із дев'яти рівнів організації живої матерії, п'ять з них розглядає екологія: аутекологічний (екологія організмів), демекоекологічний (популяційна екологія), синекоекологічний (екологія угруповань), системний, або екосистемний (екологія екосистем) та глобальний рівень екології – біосферний. Ієрархічні рівні досліджень живої матерії в біології та екології.

Ауतेкологічний рівень охоплює фізіологічні, морфологічні та інші пристосувальні реакції організмів до різних екологічних умов: режиму зволоження, високих і низьких температур, засолення ґрунту, а також вивчення механізмів реагування організмів на різні види хімічного і фізичного забруднення середовища. Поширення «корисних» чи «шкідливих» видів для людини підтверджується законами аутекології, принципи яких дозволяють передбачити стійкість, пластичність культурних видів, що є необхідним, наприклад, під час вибору сортів культурних видів рослин і порід тварин, які найдоцільніше вирощувати або розводити в конкретному екоотопі. В основу екологічної характеристики організмів покладено їх реакцію на вплив чинників середовища. Будь-який вид (організми, їх популяції) по-різному реагує на той чи інший екологічний чинник, що в цілому визначає його життєздатність, ареал поширення, сприяє формуванню його найбільшої (або оптимальної чи мінімальної) біомаси і найвищої (найнижчої) щільності популяції, що підтверджує закон оптимуму В.Е. Шелфорда, суть якого полягає в тому, що існування організму визначається діапазоном мінімальних та максимальних значень певного чинника – межами толерантності. У кожного виду – вони свої й організм здатний вижити лише в діапазоні мінливості даного чинника, який ще називають амплітудою. Як дуже високі (максимальні), так і дуже низькі (мінімальні) значення чинників середовища можуть бути згубними для організму. Критичні їх значення, вище або нижче яких організми не можуть існувати, є критичними точками, між значеннями яких знаходиться зона екологічної толерантності. Важливим в реалізації рослинного потенціалу в конкретних умовах є оптимальне

значення параметрів довкілля, за яких спостерігаються найвищі життєвість-життєздатність культурного виду. І якщо природні види «оселяються» в сприятливіших для них місцях зростання, то для штучно створених форм рослин людина сама «підбирає» такі умови, або під них «знаходить» потрібний генотип. Життєздатність та продуктивність культурних видів, як первинних ланок автотрофних консорцій, біоценозів окрім природно-кліматичних чинників визначаються антропічними (добривами, пестициди), які є провідними у забезпеченні максимальної біологічної продуктивності культурних форм рослин (сорту, лінії, гібрида) і визначають фізіолого-біохімічні, морфологічні, консорційні та ін. оптимуми чинників навколишнього середовища. Для будь-якого виду важливим є аутокологічний оптимум (умови, за яких вид досягає максимального розвитку за відсутності конкуренції) і оптимум виду синекологічний, або оптимум виду біоценотичний (умови, за яких вид досягає максимального розвитку за наявності конкуренції). Для характеристики амплітуди толерантності видів на дію екочинника, зокрема температурного, вони поділяються на: стено- (від грец. «stenos» – вузький) та евритермні (від грец. «euros» – широкий); відносно водного режиму: стеногідричні – евригідричні; трофного режиму: стенофагні – еврифагні; засоленості: стеногалінні – евригалінні; місця проживання: стеноойкні – евриойкні. Закон лімітуючих (обмежуючих) чинників Ю. Лібіха відображає значення тих, що перебувають в найменшій мінімальній кількості, і є необхідними для організму. За так званого стаціонарного стану (стан системи більш-менш стабільний і не є перехідним) лімітуючим буде той, кількість якого найбільш близька до необхідного мінімуму. Закономірності розподілу популяцій видів (бур'янів, комах-фітофагів, епіфітопаразитів), їх поширення обмежуються, наприклад, в Степовій зоні рівнем зволоження (значення знаходиться в мінімумі) або засолення ґрунту (значення знаходиться в максимумі), а на Поліссі – забезпеченістю ґрунту поживними елементами: азотом, фосфором, калієм, мікроелементами тощо (значення знаходяться в мінімумі). Одним із рівнів організації живого як цілісного явища, що є елементарною одиницею еволюції та компонентом екосистем, через який проходить потік хімічних елементів і енергії та відбувається їхня трансформація, є популяція. Саме на рівні популяції прослідковуються особливості і способи передачі спадкової інформації з покоління в покоління та її зміна під впливом ендегенних і екзогенних чинників. Крім цього, краще пізнаються механізми адаптації та спеціалізації. Механізми, які забезпечують життєздатність популяцій, спрямовані на підтримання докритичного рівня внутрішньопопуляційного різноманіття їх системоутворювальних елементів, з метою виявлення їхніх еволюційних перспектив у мінливих умовах природного й антропогенно зміненого середовища на фоні глобальних змін клімату. Надзвичайно актуальними є дослідження структурно-функціональної організації популяцій із залученням молекулярно-генетичних, фізіологічних методів. Потребує подальшого розвитку вивчення функціонування популяцій в

екотонах і антропогенно трансформованому середовищі, взаємозв'язків між популяціями автотрофних і гетеротрофних організмів, наслідків фрагментації та метапопуляційної організації, ролі у функціонуванні угруповань тощо. Не менш важливими є популяційні дослідження з метою одержання даних, які можна використати під час розроблення науково обґрунтованих природоошадних методів експлуатації антропогенно трансформованих екосистем, охорони, відтворення, реінтродукції та інтродукції популяцій і видів. Пильної уваги заслуговують популяційні дослідження з метою встановлення диференційних та інтегральних параметрів популяцій, які можуть бути використані під час організації моніторингу стану екосистем, окремих видів і змін середовища (біотичного, абіотичного). Як традиційні, так і перспективні дослідження популяцій – систем надорганізмового рівня – дають змогу одержати дані, які поглиблюють теоретичні засади системології, розкривають суть таких фундаментальних явищ живих систем, як стійкість і стабільність, адаптація та адаптивність, окрім цього, є фактичним підґрунтям для математичного моделювання функціонування багатокомпонентних систем у мінливому середовищі та розроблення ефективних методів збереження, інтродукції, реінтродукції й експлуатації біотичних компонентів екосистем. Особини одного виду в межах ценозу формують ценопопуляцію. Близькі за походженням популяції одного і того ж виду, пристосовані до певних умов проживання складають екотипи. Об'єктом і предметом синекології є угруповання організмів (біоценози), що належать до різних популяцій, між якими формуються зв'язки (трофічні, топічні, форичні, фабричні, репелентні, атрактивні, дифензивні тощо), форми симбіотичних (мутуалістичні, протокоопераційні, коменсалітичні) та антибіотичних (аменсалітичні, алелопатичні, конкурентні, хижацькі) зв'язків. Вчення про екосистеми усіх ступенів складності – від консортивної до біосферної, їх генезис, структурно-функціональні особливості, еволюцію та антропогенну динаміку розглядає екосистемологія. В екосистемі сукупність живих організмів й абіотичне середовище їх існування формують функціональну єдність, завдяки якій відбувається біотичний колообіг, енергетичний обмін і нагромадження енергії. Системна екологія охоплює структуру і функціонування екологічної системи і значення в ній різних популяцій (видів), з метою оцінки можливості прогнозування розвитку екосистеми і динаміки складових її елементів, а також управління ними. Це досить складні завдання, і для їх вирішення необхідно залучати математичні методи, методи моделювання та комп'ютерні технології. За нинішніх глобальних змін клімату та значного антропогенного пресингу все більшого практичного значення набуває екосистемний підхід щодо побудови стійких за продуктивністю адаптивних агроекосистем зі сприятливим фітосанітарним і екологічним станом. Досягти цього можна шляхом комплексного дослідження елементів агроекосистеми, через що управління популяціями шкідливих видів обов'язково має бути узгоджено з природними процесами, що відбуваються в агроекосистемах. Для досягнення цієї мети недостатньо

знань як про взаємозв'язки основних складових агроценозів і сумісного впливу шкідливих видів-консортів на продуктивність культурних видів, так і про екосистемний принцип організації території. Цілісна картина складу і функціонування агробіогеоценозів і вищих за рангом агроекосистем, польових фацій агроландшафту все ще не розкрита, оскільки дослідження проводяться на рівні окремих популяцій видів, які завдають біотичних стресів автотрофним видам. Підсумовуючи сказане вище, слід 24 наголосити на тому, що сучасні дослідження потребують все більш якісно нового рівня тривалих синхронних біоценологічних спостережень і обліків комплексів видів: комах, фітопатогенів, мікроорганізмів і бур'янів. Найбільш ефективним шляхом проведення біоценологічних і екосистемних досліджень культурних видів рослин – є організація агроекологічних стаціонарів. Основним методом досліджень в системній екології є системний аналіз, який розробляє способи дослідження різноманітних складних систем або ситуацій за умови нечітко поставлених цілей (критеріїв). За системного підходу використовують математичний апарат теорії дослідження операцій, методи багатовимірної статистики та неформального аналізу (метод експертиз, метод гіпотез, евристичні методи та комп'ютерне моделювання). Істотною частиною дослідження систем є вибір способу опису змін, що відбуваються в них, і формалізація такого опису. Складність формалізації визначається накладанням різнотипних чинників, що характеризують систему, наприклад поєднання генетичних, біологічних, екологічних та інших факторів. Розробка методів системного аналізу як наукової дисципліни проводиться за кількома напрямками. Одним із найважливіших з них є створення принципів побудови та використання моделей, що імітують перебіг реальних процесів, способів їх об'єднання в системи і такого подання в ЕОМ, яке забезпечувало б простоту їх використання без втрати адекватності. Інший напрям пов'язаний з вивченням організаційних структур і насамперед систем, яким притаманна ієрархічна організація. У складі рослинного угруповання співіснують види із різними межами індивідуальної толерантності. Згідно з принципом емерджентності, в синекологічних дослідженнях доцільно оцінювати реакцію біоценозів як цілісної структури на зміни параметрів навколишнього середовища. Розкрити організаційну структуру угруповань, їх функціональну активність дозволяють дослідження взаємозв'язків різних ієрархічних рівнів, в результаті чого формуються екоморфічні матриці, що відображають загальні емерджентні 25 властивості екологічних угруповань (наприклад, трофічну, топічну їх структуру), оскільки організаційна структура угруповань є екологічно обумовленою. Вивчення рослин культурних видів на різних екологічних рівнях дозволяє одержувати відомості щодо стратегій життєвості рослин, важливих в керуванні й розширенні функціональних можливостей видового й сортового різноманіття та гармонізації рослинності з умовами навколишнього середовища. Системний підхід дослідження рослин дає змогу найповніше реалізувати генетичний потенціал продуктивності, встановити межі екологічної толерантності, стійкості,

генетичної гнучкості тощо. Отже, для комплексного дослідження культурного виду рослин (сорт, лінії, гібриду) системний підхід досліджень передбачає вивчення рослин на різних рівнях інтеграції живої матерії (генетично-молекулярному, клітинному, тканинному, морфологічному, організмівому), так і дем-, син- і екосистемному. Враховуючи те, що більшість ознак, властивостей та характеристик рослинних організмів детерміновані не лише генетично, але й екологічно, важливим є дослідження рослинних організмів в мінливих умовах *in situ*, що розкривають аут-, дем-, синекологічний та екосистемний рівні.

8.2. Адаптивність як інтегральний показник життєвості рослин

Існування виду визначається багатьма чинниками навколишнього середовища, провідне місце серед яких належить параметрам життєвості-життєздатності рослинної популяції (показники габітусу, маси, розвитку репродуктивної сфери та їх реалізація в конкретних умовах). Реалізовується життєздатність через окремі параметри адаптивних ознак і властивостей, зв'язків, що забезпечують притаманну здатність популяції організмів підтримувати рівень системної організації, необхідний для збереження базових її функцій: відновлення, розселення та еволюції. Проведений аналіз робіт останнім часом засвідчує вагомість доробку в дослідженні проблеми життєздатності популяцій видів рослин і потребує пошуку подальшого опрацювання аналітичних підходів, зокрема щодо порівняння життєздатності популяцій різних видів, уніфікації оцінки життєздатності, виокремлення пріоритетних ознак життєздатності популяцій видів різних життєвих форм і стратегій, не лише рідкісних, реліктових і ендемічних рослин, але й культурних видів.

Поняття життєвості як показника стану особини і популяції, який характеризується якісними параметрами розвитку й кількісними параметрами росту, включає метричні ознаки вегетативної і репродуктивної сфери (висота, потужність розвитку), фітомаси, насінневої продуктивності тощо, за якими обліковуються і порівнюються індивідууми. Рівень життєвості популяції оцінюють за структурою, чисельністю, щільністю, запасом фітомаси та ін. Із розвитком популяційних досліджень, внаслідок багатогранності підходів до вивчення популяцій організмів різних систематичних груп, в популяційній біології широко побутує термін життєвість (віталітет) популяції – це інтегральна характеристика, яка відображає сучасний стан популяції на основі найважливіших індивідуальних і групових параметрів структури, росту, розвитку та репродукції. Життєвість представляє фактичну позицію популяції у її реалізованій екологічній ніші й відповідає тій частині норми реакції, яка проявляється за актуальних умов середовища існування у конкретний час.

Одним із шляхів збереження й збільшення біорізноманіття є інтродукція стійких і адаптивних форм та видів рослин, а особливо тих, які

здатні більшою мірою протистояти негативним чинникам довкілля. В основі стійкості та пристосувальних особливостей рослин лежать механізми адаптивності, вивчення яких, не зважаючи на значний доробок напрацювань, на сьогодні є досить актуальним. Все більшої уваги останнім часом набувають вивчення й створення культиварів й сортів видів рослин, що формують стабільну вегетативну й генеративну продуктивність за несприятливих та вкрай несприятливих умов через більшу цінність, порівняно з тими, що мають високу насінневу продуктивність тільки у сприятливі за погодними умовами роки. У зв'язку з цим, успішність інтродукції нових видів, в т.ч., культурних, можлива лише з врахуванням механізмів життєздатності – пріоритетних критеріїв адаптивності, що сприятиме збагаченню та збереженню біологічного різноманіття, раціонального використання природних ресурсів.

Під адаптацією рослин розуміють здатність пристосовуватися до конкретних умов навколишнього середовища в місцях їх існування. Розрізняють фізіологічну адаптацію (проявляється за рахунок фізіологічних механізмів) та генетичну адаптацію, яку визначають генетична мінливість, успадкування і відбір. Умови середовища мінливі, чим і зумовлюють у рослин генетичні пристосування до тих чи інших умов. Постійно зазнаючи вплив несприятливих чинників навколишнього середовища: температурні коливання, посуха, надмірне зволоження, засоленість тощо, кожний конкретний рослинний організм здатний адаптуватись до цих умов тільки в межах, обумовлених його генотипом. Чим вища здатність виду змінювати метаболізм (обмін речовин), відповідно до діапазонів мінливих умов, тим ширша норма його реакції та вища еколого-адаптаційна спроможність.

Адаптивність (від англ. «*adaptive*», від лат. «*adapto*» – пристосовую) як властивість живих організмів характеризує адекватність (відповідність) генотипу рослини реальним умовам існування впродовж досить тривалого часу задля максимальної реалізації потенційних можливостей. Відповідно, адаптивний сорт – це екологічно пластичний генотип, що пристосований як до оптимальних, так і мінімальних чи максимальних чинників навколишнього середовища. Встановлено, що за певних умов адаптовані сорти часто поступаються за продуктивним потенціалом сортам інтенсивного типу, оскільки перші затрачають значну частину асимілянтів на пристосувальні реакції, а не на формування елементів продуктивності.

Переваги інтенсивних сортів проявляються, як правило, лише за сприятливих умов, на фоні високої технології вирощування та достатньої вологозабезпеченості. За умов вирощування їх на бідних ґрунтах, за нестачі вологи сорти інтенсивного типу не тільки не реалізують свого потенціалу, але часто формують продуктивність нижчу, ніж сорти менш продуктивні, але не вимогливі до умов вирощування, у зв'язку з цим, визначення параметрів адаптивної здатності та стабільності культурних видів рослин за насінневою продуктивністю в різних екологічних умовах є надзвичайно важливим.

Вагомі напрацювання з питань стійкості культурних видів до умов

навколишнього середовища на локальних рівнях одержано вітчизняними і зарубіжними вченими: П.А. Генкелем, Н.Р. Бородюком, В.Я. Александровим, О. В. Колесніченком, І. П. Григорюком, J. Fu, В. Huang, Е. Л. Кордюм, І. В. Косаківською, Н. Ю. Таран, М. М. Мусієнком, Ю. Е. Колупаєвим, О. В. Колесніченко, В. А. Кунахом, М. Lonbani, А. Arzani, D. Lobell et al. та ін. Водночас залишаються недостатньо розкритими особливості ендотрофних та екзогенних механізмів реалізації еколого-адаптивних властивостей рослин культурних видів на різних рівнях інтеграції живої матерії. За цих же умов не повністю висвітлені питання з проблеми реалізації адаптивного потенціалу озимих злакових культур у нових умовах існування, моніторингу стійких форм рослин з високими показниками життєвості та життєздатності. Тому комплексне з'ясування механізмів формування та прояву еколого-адаптивних властивостей представників триби *Triticeae* як критеріїв управління їх життєвим станом за впливу чинників навколишнього середовища є актуальним і потребує вивчення. Загальну тенденцію адаптивності культурних видів до певних умов вирощування прийнято визначати за коефіцієнтом регресії S. A. Eberhart, W. A. Russell. Стабільність генотипу розраховуються за різницею між максимальною і мінімальною врожайністю і, чим вона менша, тим вищою є стабільність (стресостійкість). За В. В. Хангильдіним, інтенсивним сортом вважається такий, який за оптимальних умов вирощування кожного року переважає за насінневою продуктивністю усі досліджувані; пластичним (здатним до мінливості), який забезпечує найвищу середню продуктивність в різні за умовами роки випробування; стабільним – що має найменшу різницю між максимальною та мінімальною врожайністю, адаптивний – це той, що формує стабільно високу, відносно інших сортів, насінневу продуктивність із генетично обумовленою якістю в широкому ареалі мінливих погодних і антропогенних умов. За визначенням S. A. Eberhart W.A. Russell і G.C.C. Tai, адаптивність відповідає змісту параметрів екологічної пластичності. Пристосувальні властивості рослин культурних видів обумовлюють стабільність насінневої продуктивності, особливо у несприятливі роки.

Питання інтродукції нових перспективних сортів та вимоги до стабільності формування урожаю набули особливої актуальності у зв'язку з тим, що сучасний клімат України характеризується потеплінням, яке супроводжується зменшенням кількості опадів. Погіршення якісних ознак сортів культурних рослин та зниження їхньої життєздатності відбувається внаслідок змін умов середовища, природного добору, біологічного засмічення, нагромадження спонтанних мутацій, впливу шкідливих патогенів. Тому для підтримки сорту в початковому стані необхідний не тільки контроль за морфологічними ознаками, властивими цьому сорту, але й відбір стабільно продуктивних рослин.

Культурні рослини, як правило, мають гібридне походження і належать до відповідного сорту чи культивару («cultivar» від англ. «cultivated variety» – культурний різновид). Поняття сорт (культивар) не є рівнозначним певному

таксономічному рангу, в тому числі внутрішньовидовому. Сорт (із франц. «*sorte*» та лат. «*sors*» – різновидність, вид) – це відокремлена група культурних рослин у межах найнижчого ботанічного таксономічного рангу, яка в результаті селекції одержала певний набір корисних ознак, та відрізняє її від інших рослин такого ж виду й зберігає свої властивості під час розмноження.

Потомство однієї самозапильної рослини, яке під час розмноження дає генетично й морфологічно однорідне потомство формує лінію. У разі гена, що має кілька алелів, всі організми, що належать до однієї чистої лінії, є гомозиготними за одним і тим же алелем певного гена. Для збільшення різноманіття й відновлення динамічної рівноваги екосистем широко використовують гібриди, лінії, культивари, сорти і різновиди рослин. Низка вчених під час інтродукції цінних форм рослин розглядає біологічний матеріал не як популяцію, ценоморфу чи біотип, а як вид – складну систему внутрішньовидових одиниць: підвидів, екотипів, місцевих популяцій, екоелементів, що складаються з численної кількості особин. Деякі автори вважають, що в нові умови переносяться не таксономічні види, а певна кількість особин тієї чи іншої внутрішньовидової структури лише з частинкою генетичної пам'яті, тобто неповним набором норм реакції на чинники зовнішнього середовища, властиві виду чи його внутрішньовидовому підрозділу.

Відомо, що з підвищенням інтенсивності сортів відбувається закономірне зниження їх адаптивного потенціалу. Потенціал рослин нових сортів навіть за оптимальних біотичних і абіотичних чинників реалізується лише на 50–60 %, тому пошук найоптимальніших умов вирощування рослин певних генотипів, за яких вони найповніше змогли б реалізувати свій генетичний потенціал, не втрачає актуальності. Вирішення проблеми з підвищення адаптивності культурних рослин, в т.ч. зернових озимих культур, полягає у залученні адаптивних форм з посиленими рекомбінаційними процесами взаємодії генів. У генофонді популяції за впливу лімітуючого чинника (або декількох з них) у процесі рекомбінації відбувається взаємне пристосування різних генів, яке у низки генотипів формує більш виражені ознаки і властивості, порівняно з батьківськими формами.

На думку Дж. Ацці, урожай – це взаємодія двох складових: продуктивності й стійкості. К. Бернар ще у другій половині ХІХ ст. висловив гіпотезу про існування фізіологічних механізмів, що підтримують стабільність рослин в умовах навколишнього середовища. А. У. Кеннон для характеристики цього процесу запропонував термін гомеостаз. На думку П. К. Плюти, О. О. Жученка: «... гомеостаз є універсальною функціональною системою організму, що підтримує оптимальні умови росту і розвитку та виконує еволюційну роль в стабілізації норми адаптивності».

Із пластичністю тісно пов'язане поняття «екологічна стабільність», яка відображає здатність рослинних популяцій протистояти стресовим чинникам, а пластичність – це здатність рослин поєднувати економне витрачання та

ефективне використання природних ресурсів і поживних речовин в конкретних умовах вирощування.

Дослідження особливостей реалізації адаптивного потенціалу рослин культурних видів за дії негативних чинників, зокрема під час перезимівлі за низьких температур, незважаючи на потепління клімату, не втратило своєї актуальності. Поряд з морозами досить згубними для озимих зернових видів рослин є притерті льодяні кірки (ПЛК). Позитивна сильна кореляційна взаємозалежність між стійкістю до ПЛК товщиною 2–3 см та морозостійкістю рослин відмічена низкою дослідників. Ще одним лімітуючим чинником навколишнього природного середовища – є весняні заморозки. Першими пошкоджуються від заморозків клітинні мембрани хлоропластів рослинних клітин. Найменш стійкими до заморозків у рослин зернових є верхні квітки в зародковому колосі та стебло між першим і другим міжвузлями, ураження яких за даними А. І. Грабовця є домінуючим і зумовлює поступову загибель рослин (внаслідок наростання інтоксикації через порушення активного транспорту метаболітів).

За умов однакової насінневої продуктивності перевагу необхідно надавати тому сорту, рослини якого відзначаються значною екологічною пристосованістю, а такі форми відібрати можливо лише в умовах максимально подібних до тих, в яких буде вирощуватися сорт. Українськими вченими (В. Я. Юр'євим, А. М. Литвиненком, В. М. Тищенком, А. П. Шулиндіним, Т. В. Щипаком, А. І. Грабовцем, В. В. Базалієм, В. П. Герасименком, В. В. Скориком, В. В. Лихочвором, Л. А. Бурденюк-Таресевич, С. П. Васильківським, О. І. Рибалкою, Н. І. Рябчун, А. П. Білітюком) створено сорти рослин триби *Triticeae* інтенсивного типу. Результативно ці дослідження продовжують і розвивають нині В. В. Шелепов, С. І. Паламарчук, С. П. Лифенко, Т. П. Тертичная, В. В. Моргун, Т. К. Терновська, О. Л. Романенко та інші, якими показано, що із збільшенням продуктивності, в міру біологічних закономірностей, відбувається зниження адаптивного потенціалу рослин новостворених сортів.

Так, сорти напівкарликового типу першого покоління через певний час не відповідають вимогам виробництва за стабільною насінневою продуктивністю, стійкістю до несприятливих умов середовища та ураження збудниками епіфітотій, часто мають невисокі показники щодо якості зерна. Деякі вчені вважають, що короткостеблові сорти можна вирощувати тільки за високих доз мінеральних солей та органічної речовини і мають вузьку екологічну локалізацію, що в сильно варіюючих агрокліматичних умовах України зумовлює слабку адаптованість рослин. Тому проблема пошуку умов задля формування та найповнішої реалізації адаптивного потенціалу, тобто адресної інтродукції та створення високожиттєздатних біотипів є надзвичайно актуальною.

Сорти зернових культур інтенсивного типу в умовах України, як правило, характеризуються: короткостебловістю; середньою і високою фотоперіодичною чутливістю в умовах Лісостепу та Полісся, тривалим

періодом яровизації; підвищеною стійкістю до ентомо- й епіфітопаразитів, посухи; високою або задовільною морозо-, зимостійкістю, якістю зерна – на рівні сильних і цінних сортів пшениць.

Серед низки цінних у господарському значенні видів рослин є представники триби *Triticeae*: *Triticum aestivum* L. (пшениця м'яка), *Secale cereale* L. (жито посівне), *Triticale trispecies* Shulind. (тритикале трьохвидове). За своїм генетичним потенціалом та насінневою продуктивністю *S. cereale* та еволюційно молода культура – *T. trispecies* є більш стабільними видами, характеризуються кращими еколого-адаптивними властивостями, зокрема, стійкістю до комах-фітофагів, збудників епіфітотій, морозо-, зимо-, посухостійкістю, порівняно з *T. aestivum*. Пошуку способів підвищення адаптивного потенціалу культурних видів рослин допомагає добір популяцій з комплексом генетичних, морфо-фізіологічних та інших маркерних ознак щодо дії стресових чинників з обов'язковим врахуванням продуктивності у просторі і часі. Не менш актуальним в умовах недостатнього та нестійкого зволоження є питання переходу до адаптивних технологій вирощування. Оптимальні строки сівби культур, які визначаються погодними умовами, дають можливість краще реалізувати їх продуктивність. Тобто адаптація рослин значною мірою залежить від правильного підходу та своєчасного проведення елементів технології та правильного підходу в їх проведенні.

Сильна контрастність метеорологічних умов під час вирощування культурних рослин протистоїть широко застосовуваній практиці, орієнтованій на середньорічні показники метеорологічних умов, що є нераціональною. За сприятливих погодних умов науково обґрунтовані методи управління життєздатністю, зокрема насінневою продуктивністю, дають можливість підвищити ступінь реалізації біологічного потенціалу районованих і перспективних сортів від 25–30 до 50–60 %.

Наукові пошуки щодо акліматизації та інтродукції нових рослин на думку М. А. Кохно, С. І. Кузнецова, І. О. Зайцевої, є актуальними для розширення видового та формового різноманіття. Адаптивна технологія для конкретних умов під час інтродукції рослин культурних видів передбачає сукупність організаційних заходів, спрямованих на найбільш раціональне використання природних ресурсів екотопу та можливостей онтогенетичних і філогенетичних функцій всіх організмів, що складають біоценоз. Найважливішою її умовою є системний, тобто багатофакторний підхід, що забезпечує зростання насінневої продуктивності, збереження енергетичних і матеріальних ресурсів. Поряд з вимогами зональної інтродукції під час адаптації технології необхідно враховувати нерівномірний розподіл абіотичних і біотичних чинників середовища проживання не тільки в межах екотопу, але і кожної сівозміни. Ці чинники – температура, родючість ґрунту, вологозабезпеченість та інші, поряд з агротехнічними, істотно впливають на структуру фітоценозу, терміни проходження рослинами фенофаз, ступінь ураження хворобами і пошкодження шкідниками, заморозками.

Для успішної адресної інтродукції рослин в помірну зону велике

значення має діапазон їх екологічної валентності щодо теплолюбності, посухостійкості, зимо- та морозостійкості, в т.ч. здатності витримувати значні перепади температури повітря, ґрунту. Таким чином, мінливі погодні умови, дефіцит матеріальних та енергетичних ресурсів та необхідність їх раціонального використання потребують переходу на адаптивні технології вирощування, які базуються на всебічному врахуванні біологічних особливостей всіх компонентів антропогенних екосистем і чинників навколишнього середовища.

Початком створення інтенсивних сортів зернових культур є Безоста 1 (акад. П. П. Лук'яненко), який до сьогодні у більшості фізико-географічних зон України і Росії належить до інтенсивного типу. Інтенсивні сорти Донського селекцентру (Зерноградка 8, Донська ювілейна та ін.) в суворих умовах цього регіону відрізняються високою насінневою продуктивністю та якістю зерна в поєднанні з унікальною посухостійкістю і морозозимостійкістю, ранньостиглістю, короткостебловістю (70–80 см) і високою стійкістю до вилягання та збудників епіфітотій. До сортів напівінтенсивного типу належать генотипи з більш високим стеблом (90–105 см), досить високою зимостійкістю і комплексом інших господарсько-корисних ознак, але меншим потенціалом продуктивності, порівняно з інтенсивними сортами.

Підвищення аридизації клімату, в т.ч. Лісостепу та Полісся України, де в останні десятиліття спостерігається зростання середньорічної температури повітря (+ 2,3 °C за період з 1989–2014 рр.); зменшення річної суми опадів; збільшення загострених періодів під час вегетації озимих культур за відсутності опадів на фоні високих температур повітря (тривалість півтора-два місяці); особливість достовірної тенденції перерозподілу опадів на осінньо-зимові місяці; зміна температурного режиму в зимово-весняний період, що виражається в посиленні розмаху коливання температур повітря (від -20 °C до тривалих відлиг, часто з притертими крижаними кірками); весняні заморозки під час вегетації озимих культур в квітні і травні – висувають проблему адаптації та стійкості культурних рослин на пріоритетне місце. Оскільки сортовий асортимент зернових культур в часовому просторі поступово вичерпує свій адаптаційний потенціал, що проявляється у посиленні впливу на них стресових чинників абіотичної та біотичної природи, зниженні насінневої продуктивності тощо. Не втрачає своєї актуальності теоретичне обґрунтування, створення та інтродукція високоадаптивних й інтенсивних сортів *T. aestivum*, *T. trispecies*, *S. cereale* якісно нового типу з підвищеною екологічною пластичністю універсального використання для різного рівня агрофонів та чинників довкілля. Значному поширенню видів та форм рослин з високим потенціалом передують тестування їх за параметрами адаптивності, які надійно проявляються в умовах *in situ*.

Механізм формування еколого-адаптивних форм рослин культурних видів та можливість швидкої й ефективної його оцінки все ще залишаються неповністю розкритими. Таким, наприклад, є рослини сорту *T. durum* L.

Харківська 46, створеного колективом авторів Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва (районований у 1957 р.), що тривалий час займав до 95 % (у 60-х роках минулого століття більше 4 млн. га) посівів цієї культури у колишньому СРСР і до сьогодні не втратив виробничого і селекційного значення у багатьох регіонах Російської Федерації, а також України. До високоадаптивних сьогодні належать рослини сорту проса Харківський 57, а також сортів *T. aestivum*: Миронівська 808, Миронівська 51.

Важливим чинником стримування розвитку епіфітопаразитів є створення сортів з подовженим типом стійкості (*Slow rusting*) та багатолінійних сортів, кожна 20 лінія яких має різні ефективні гени стійкості. Для успішної селекційної роботи на стійкість до фітозахворювань слід виділити наступні вимоги: а) пошук і створення генетичних джерел стійкості. Вони поділяються на первинні джерела, які ідентифікуються серед колекційних зразків та диких родичів пшениці; генетично адаптовані джерела, які створюються методами внутрішньовидової і віддаленої гібридизації місцевих сортів з первинними генетичними джерелами стійкості або експериментальні мутанти з індукованими ознаками стійкості; ідентифікація ефективних генів стійкості в стані проростків і дорослих рослин; контроль за динамікою змін расового і біотипного складу збудників епіфітотій; створення і добір стійкого генетичного рослинного матеріалу на інфекційних фонах.

Висока стійкість та продуктивність рослин зазначених вище сортів обумовлена їх багатолінійністю, тобто здатністю рослинних популяцій сорту, ідентичних за морфологічними параметрами, проте гетерогенними за генетичними маркерами, проявляти різну стійкість до несприятливих біотичних й абіотичних чинників. Адаптація рослин пов'язана зі специфічним впливом чинників зовнішнього середовища, який визначається, з одного боку, їхнім видом, дозою, тривалістю впливу, з іншого – біологічними особливостями виду, його функціональним станом. За відхилення умов навколишнього середовища від оптимальних значень на різних етапах вегетації відбувається саморегулювання продукційного процесу як окремих рослин, так і всієї популяції виду в цілому, яке проявляється у призупиненні темпів росту і редукції окремих складових продуктивності. Часткова компенсація нестачі одних складових елементів відбувається за рахунок збільшення кількості інших. Так, наприклад, низька продуктивність рослин зернових культур за сприятливих умов може компенсуватися підвищеною їх кустистістю, озерненістю колосу і виповненістю зерна, а недостатня озерненість колосу – масою зерна, його якістю тощо. Причому ці процеси є розтягнутими впродовж вегетації, що підсилює адаптаційні можливості рослин. В основі всіх адаптаційних можливостей рослин лежить загальний біологічний закон – кожен живий організм повинен залишити після себе (за будь-яких умов) життєздатне потомство. Таким чином, пристосованість рослинних популяцій до екологічних чинників є необхідною умовою їхнього існування, стратегій

адаптивності за диференційованими та інтегральними ознаками, які визначатимуть перспективи конкурентоспроможності рослин за еконіши та механізми ординації популяцій відносно інших компонентів екосистем.

На сьогодні загальноприйняті технології вирощування рослин культурних видів не враховують їх природну адаптивність, тобто пристосованість рослин до складних умов вирощування. Елементи цих технологій дуже часто розраховані на середньобогаторічні показники погодних умов регіону і не передбачають мінливості погодних умов. Тому вони не є достатньо дієвим комплексним заходом підвищення стійкості агроценозів, їхнього захисту від несприятливого впливу природних чинників, стабільного одержання високої насінневої продуктивності та якості зерна. Більше того, вони зумовлюють нераціональні витрати коштів і навіть інколи негативний вплив на навколишнє середовище, у зв'язку з чим потребують удосконалення.

Адаптивний потенціал рослин передбачає не лише високий рівень насінневої продуктивності за сприятливих чинників довкілля, але й одержання високого нижнього його порогу. Екологічна пластичність відображає здатність рослин ефективно використовувати сприятливі чинники навколишнього середовища для стабільного формування високої продуктивності. Проблему підвищення пластичності сортів порушував ще В. Я. Юр'єв. Він наголошував про необхідність випробування культур на контрастних за родючістю ґрунтах, що дасть можливість простежити реакцію їх як за сприятливих, так і несприятливих умов вирощування.

9. Біотехнологічні аспекти адаптивної селекції

Можливості адаптивної селекції і насінництва різко зросли завдяки методам генетичної інженерії та соматичної гібридизації, що дозволяє використовувати в якості донорів не тільки віддалені родинні, але й неспоріднені види з метою пристосування культивованих рослин до нових систем рослинництва, технологій обробітку і вимогам ринку.

Генетична інженерія дозволяє використовувати наявне генетичну різноманітність і створювати нові властивості рослин, отримання яких класичними методами селекції було б неможливо. Крім того, ця технологія дозволяє уникнути негативного взаємодії різних генів і забезпечити генетичну стабільність сприятливих комбінацій в наступних поколіннях.

Розглядаючи можливості сучасної селекції та генетичної інженерії, Жученко А.А. (2003) визначає принципово нові пріоритети самої селекції рослин, що впливають з їх сучасного розуміння:

- роль інтегрованості генома у вищих еукаріот, що виявляється у формуванні блоків коадаптованих генів і збереженні їх status quo при передачі спадкової інформації від одного покоління до іншого;
- необхідність переходу від управління мінливістю моногенних ознак до комбінаторики кількісних (полігенних) ознак, багато з яких відносяться до господарсько-цінних;
- першорядну роль мейотической рекомбінації (а не мутацій) в формуванні потенційної, вільної і доступною відбору генетичної мінливості у рослин, роль абіотичних і біотичних факторів зовнішнього середовища, що визначають не тільки напрямки і темпи природного відбору, але і виступають як індуктори генетичної мінливості;
- створення джерел і донорів господарсько-цінних ознак і властивостей сільськогосподарських рослин для виведення нових сортів сільськогосподарських культур, орієнтованих на стабільно високу, на 30-50% вище існуючого врожайність;
- створення трансгенних рослин картоплі з підвищеною стійкістю до фітопатогенних мікроорганізмів; вихідного матеріалу для отримання сортів картоплі, стійких до парші;
- удосконалення генно-інженерної технології отримання ріпаку з цільовими генами;
- створення ефективних джерел стійкості пшениці до септоріозу;
- створення ген-джерел для селекції ячменю з високими пивоварними якостями, зимостійкістю, хворобостійкістю, стійкістю до ураження темно-бурою плямистістю;
- створення самозапиленних ліній цукрових та кормових буряків на основі використання ядерного гена стерильності;
- створення колекції генетичних джерел ріпаку на зимостійкість, гібридність і якість;
- розробка генетичних основ селекції гібридного соняшнику,

адаптованого для обробітку в умовах республіки, стійкого до білої та сірої гнилі, борошнистої роси);

- розробка методів комплексної оцінки якості зерна жита, пшениці і тритикале по білковим маркерів з метою скорочення термінів виведення сортів за рахунок підвищення точності оцінок, виділення цінних, унікальних генотипів;

- створення на основі міжвидової гібридизації та клітинної інженерії нового вихідного матеріалу картоплі, стійкого до фітофторозу, вірусних і бактеріальних хвороб, з підвищеним вмістом сухих речовин. Виведення конкурентоспроможних сортів картоплі з високою біологічною цінністю.

Генетична інженерія - хоча і виключно важливий, але лише один з численних методів управління генетичною мінливістю організмів, широко використовуваний в селекційній практиці. Сучасні методи селекції дозволяють маніпулювати одночасно десятками ознак, включаючи полігенні.

Практичне застосування генетичної інженерії стримується, насамперед, самій генетикою. Господарсько-важливі ознаки залежать не від одного, а від багатьох генів, а генетична інженерія в даний час працює, в основному, з небагатьма з них.

Більшість господарсько-цінних і адаптивно-значимих ознак є полігенними за своєю природою. Переважна більшість з них залишаються генетично були ідентифіковані і біохімічно НЕ охарактеризованими. З більш ніж 50 тис. Генів в кожному геномі лише у деяких видів рослин вивчені і локалізовані в хромосомах по 200-300. Методи ДНК-технологій розроблені тільки для невеликої кількості культур і ознак.

Генетична інженерія повинна поєднуватися з класичною селекцією і використанням молекулярних маркерів.

У сучасній селекції актуальним науковим напрямком є розробка та удосконалення ДНК технологій для ідентифікації генотипів, картування господарсько-цінних генів, генів стійкості до патогенів, діагностики хвороб, паспортизації сортів сільськогосподарських культур і деревних порід на основі молекулярних маркерів.

Вартість європейського типового «Селекційно-біотехнологічного комплексу» приблизно 30 млн. Євро, співвідношення витрат на утримання модулів 1: 1: 1: 1: 20, співвідношення технологічних і дослідницьких процесів - 4: 1. Застосування молекулярних маркерів в селекції рослин дає можливість швидко і ефективно тестувати генотипи в порівнянні з традиційними методами, заснованими на описі фенотипів.

Селекцію за допомогою маркерів особливо ефективно використовувати для вивчення успадкування кількісних ознак. Використання маркерів в селекційному процесі значно дешевше класичного методу відбору за фенотипом.

Даний метод дозволяє ідентифікувати гени ще до початку їх експресії, що істотно заощаджує час, так як багато генів починають експресувати тільки на пізніх стадіях розвитку рослини. Таким чином, за допомогою

молекулярних маркерів зручно відбирати як вихідний матеріал, так і в подальшому селекційні зразки.

Можливості ефективного використання молекулярних маркерів і методів біотехнології з метою прискорення селекційного процесу демонструють такі приклади. На дослідній станції Oberer Lindenhof університетів в Хоенхайм і Мюнхені в Німеччині ефективно застосовується молекулярний маркер, що дозволяє на ранніх етапах селекційного процесу достовірно розрізнити рослини озимого ячменю, стійкі і чутливі до жовтої мозаїки, спричиненої ґрунтомешкаючим вірусом VaYMV, стерпним грибом *Polymyxa graminis*, проти якого хімічні засоби захисту не ефективні.

Тому селекція на стійкість до цього захворювання особливо важлива. Однак через наявність факторів зовнішнього середовища інтерпретація результатів польового відбору стійких генотипів часто утруднена, тому використання маркерів - це єдино можливий шлях цілеспрямованої селекції на стійкість.

У Центральній Європі масове ураження пшениці фузаріозом колоса (*Fusarium head blight* або FHB), як правило, відбувається з частотою не більше ніж 1-2 рази за десятиліття. Однак зараження пшениці мікотоксинами спостерігається майже щорічно. Заражена деоксініваленолом (DON) зерно менш придатне для вживання в їжу і на кормові цілі.

Дані мікотоксини дуже небезпечні для людини, оскільки вони стійкі до теплової обробки і не можуть бути повністю видалені в разі потрапляння в харчовий ланцюжок. Найкращим способом зменшення ризику утворення мікотоксинів є селекція шляхом комбінування генів стійкості до фузаріозу колоса за допомогою молекулярних маркерів в поєднанні з методами генетичної інженерії.

В Україні сформований національний банк генетичних ресурсів сільськогосподарських рослин, вже введені в лад його матеріально-технічна і приладова база. Результативність практичної роботи селекціонерів визначається оперативністю і своєчасністю залучення в селекційний процес новітніх генетико-біотехнологічних методів.

Слід також зазначити, що у світовій селекційній науці трансгенну селекцію протиставляють традиційної. Це пов'язано з тим, що при трансгенезу цільові гени дають найбільший ефект при «встановленні» їх в кращі сорти, адаптовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, тобто в збалансовані генотипи, які зазнали раніше традиційної селекційної опрацювання. Трансгенні рослини мають ряд покращених властивостей. Найбільшого поширення (76 %) отримали сорти сої, ріпаку, кукурудзи та бавовнику, толерантні до гербіцидів суцільної дії, в основному гліфосатсодержащим.

Перший толерантний до гербіцидів сорт ярого ріпаку Саpо1а був районований в Канаді. Рослини цього сорту містить ген, який кодує утворення ензиму, що викликає хімічну інактивацію діючої речовини гліфосинат амонію. Подібні системи трансгенних форм сої, кукурудзи та

бавовнику з діючою речовиною гербіциду раундап широко поширені.

Статистичні дані за станом обробітку трансгенних культур в світі свідчать про те, що кількість сортів культур, стійких до гербіцидів, становить 63 %, шкідників 18 %, що поєднують обидва властивості 19 % від загальної їх кількості. Якщо в 90-і рр. 20-го століття сортів культур, високо стійких до бур'янів, було 2, то сьогодні більше 15.

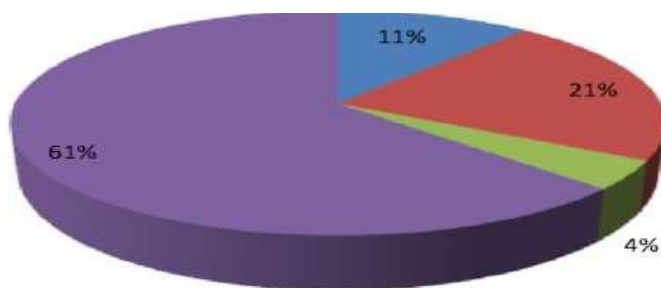
Вирощування трансгенних рослин забезпечує збільшення врожайності завдяки їх екологічній стійкості та пластичності і дає високий економічний ефект за рахунок зменшення витрати енергії, а також сприяє значному зниженню витрат на пестициди і мінеральні добрива, скорочення кількості обробок ґрунту, що характеризує їх агротехніку як більш екологічну по порівнянні з традиційної.

При вирощуванні, наприклад, трансгенних сортів кукурудзи, ріпаку, кормового і цукрового буряка, стійких до раундапу, щорічний ефект від економії витрат на гербіциди може скласти не менше 15 млн. доларів США.

В даний час в світі трансгенні сорти вирощуються на площі понад 100 млн. Га або близько 10 % світової ріллі. Наприклад, в США під генно-модифікованими культурами зайнято 58 % ріллі.

У перспективі експерти прогнозують хороше майбутнє використання трансгенних сільськогосподарських рослин, припускаючи, що в світовій структурі посівів розмір їх площ складе по окремих культурах до 60 %.

Співвідношення площ посіву трансгенних сортів окремих культур представлено на малюнку 9.1, з якого видно, що приблизно 99% площ під трансгенними сортами припадають на такі культури, як соя, рапс, кукурудза і бавовник.



- ✓ бавовна - 4 %
- ✓ кукурудза - 11 %
- ✓ рапс - 21 %
- ✓ соя - 61 %

Рис. 9.1 – Площі посіву генно-модифікованих культур

Створення трансгенного сорту коштує від 50 до 300 млн. доларів. Вони найбільш поширені в Америці, Китаї, Індії та Австралії. У зв'язку із закінченням терміну дії мораторію на заборону генетично модифікованих організмів в Європі можна припустити, що тут також активно включаться в процес їх виведення і використання.

З метою прискореного створення трансгенних сортів планується

методами традиційної статевої гібридизації оперативно «вбудувати» цільові гени (трансгени) від існуючих в світі комерційних трансгенних сортів, стійких до гербіцидів суцільної дії, хвороб і шкідників, в адаптовані до наших ґрунтово-кліматичних умов білоруські сорти і гібриди ярого і озимого ріпаку, цукрових та кормових буряків, кукурудзи та інших культур.

Планується провести оцінку можливостей і організувати більш чітку координацію досліджень з трансгенезу, розподіливши конкретні завдання і терміни їх виконання по відповідним установам з метою прискореного створення вітчизняних сортів кукурудзи, ріпаку та цукрового буряка, стійких до гербіцидів суцільної дії.

Однак цілком зрозуміло, що необхідно враховувати обмеження і небезпеки у використанні трансгенних рослин, доцільність забезпечення високого рівня інструментального моніторингу, оцінки та маркування генетично модифікованої продукції.

З розвитком методів біотехнології почався новий етап у розвитку фітоімунології і селекції на імунітет. При створенні рослин, стійких до хвороб і шкідників, отримані культури тканин і клітин використовують в двох напрямках: для роботи на клітинному рівні (соматична гібридизація, соматональна мінливість і клітинна селекція) і для маніпуляцій на рівні генів (генетична інженерія).

За допомогою соматичної гібридизації між культурними рослинами і дикими видами були отримані сорти картоплі, стійкі до вірусних захворювань, фітофторозу, колорадського жука; томати, стійкі до вірусу тютюнової мозаїки, комплексу бактеріальних захворювань; ріпак, стійкий до альтернативізму, нематоди і т.п.

Отримано великий набір стійких до патогенів соматональної варіантів, наприклад, серед соматоклонів цукрової тростини були виділені форми, стійкі до вірусних хвороб і несправжньої борошнистої роси, серед сортів картоплі Зарево (Росія) і Рассет Бербанк (США) були виділені лінії, стійкі до різних захворювань, а в Сибірському НІИСХ отримана лінія Т-3, що несе ген стійкості до всієї популяції бурої іржі зернових культур.

При використанні методу клітинної селекції китайськими вченими були отримано два нових високоврожайних сорти рису, стійких до пірікуляріозу. Селекцію проводили на культурі ізольованих пиляків, а в якості селективного фактора застосовували суміш десяти штамів гриба.

Варіант клітинної селекції «пилкова селекція» був використаний для створення соматоклонів картоплі, томата, ячменю, люцерни, пшениці, рису, сої та інших культур, стійких до бактеріальних захворювань і грибам, збудників фузаріозу, фітофторозу та ін. Отримані донори були використані для створення багатьох сортів, стійких до хвороб.

Завдяки застосуванню генетичної інженерії в селекції рослин на імунітет отримано велику кількість сортів, що мають один або комбінацію механізмів стійкості до вірусів: сорти тютюну, стійкі до ВТМ, сорти картоплі і кукурудзи, стійкі до вірусів скручування листя, сорти гарбуза, стійкі до

трьох вірусів, трансгенні сорту тютюну, ріпаку, томатів, картоплі з підвищеною стійкістю до різних грибних хвороб і т.д.

У Росії отримані соматоклональні варіанти пшениці, ячменю, конюшини, люцерни, картоплі, цукрових буряків, плодових та інших культур, стійкі до хвороб і шкідників (Всеросійський НДІ сільськогосподарської біотехнології, РГАУ-МСХА ім. Тімірязєва К.А. та ін.). У Центрі «Біоінженерія» РАН створені форми картоплі, стійкі до колорадського жука.

З'єднати ознаки стійкості до багатьох патогенів з комплексом господарсько-цінних ознак культури протягом одного циклу селекції, як правило, не вдається. Тому створення сортів з груповою і комплексною стійкістю до шкідливим об'єктам здійснюється поступово, за допомогою складних системних схрещувань.

На кожному етапі роботи відбирають форми, що поєднують стійкість до одного або кількох патогенів, з високою врожайністю і технологічними якостями, при цьому гнучко поєднують різні методи відбору з урахуванням біологічних особливостей культури. На наступному етапі додають стійкість до іншого виду. Селекцію зазвичай продовжують до завершення суміщення в одному генотипі комплексу позитивних ознак, раніше розсіяних у багатьох формах рослин.

Таким чином, в союзі з класичними методами селекції завжди знаходяться найсучасніші методи генетики та біотехнології. Пріоритетом сучасної селекції поряд з екологізацією і інформатизацією є застосування ДНК - біотехнологій, які інтенсивно розробляються в нашій республіці і вже зараз реально працюють на селекційний результат.

10. Механізми (молекулярно-генетичні, фізіолого-біохімічні, морфологічні, онтогенетичні), що визначають адаптивність рослин культурних видів до умов навколишнього середовища

Різде загострення екологічної ситуації внаслідок антропогенного впливу, глобального потепління й аридизації клімату, збільшення тривалості січнево-лютевих відлиг та безопадних весняно-літніх, осінніх й зимових періодів, зтяжних зим, утворення притертих льодових кірок, весняних заморозків на початку вегетації (березень-квітень), спонукає до пошуку нових форм культурних рослин й шляхів реалізації їх стійкості. Протистояти екстремальним умовам здатні високопластичні генотипи, протекторні властивості яких визначаються генетичними, морфологічними, фізіолого-біохімічними та біоценотичними механізмами. Використання форм рослин культурних видів пов'язано з визначенням надійних критеріїв їх стійкості до умов вирощування.

Первинними «індикаторами» рослинного організму на вплив несприятливих чинників навколишнього середовища є життєво важливі фізіологічні та біохімічні процеси, які відображають порушення енергетичного обміну, систем регуляції, білкового обміну тощо. За впливу несприятливих чинників в клітинах рослин виникає напружений стан, а за відхилення від норми – стрес. Стрес – це загальна неспецифічна адаптаційна реакція організму на дію будь-яких несприятливих чинників. Теорія стресу була сформульована Гансом Сельє (*Hans Hugo Bruno Selye*), канадським ендокринологом австро-угорського походження, а сам термін стрес (від англ. «*stress*» – напруженість) був запозичений фізіологами рослин з медицини. Зовнішні чинники, що зумовлюють стрес – це стресори, а стрес – це стан організму, що формується у відповідь на вплив стресорів. Лише за певних умов реакція рослини буває патологічною, зазвичай вона має адаптивне значення. Виділяють три фази реакції рослини на стрес: первинна стресова реакція (тривога), адаптація (резистентність) і виснаження. У першу фазу відбуваються серйозні відхилення у фізіолого-біохімічних процесах, рослина проявляє як симптоми пошкодження, так і захисні реакції, які спрямовані на усунення пошкоджень. У випадку, якщо стресорний вплив занадто великий, рослина може загинути в цю фазу розвитку. Якщо рослина виживає, настає друга фаза, за якої вона або адаптується до нових умов, або зазнає пригнічення з високою ймовірністю загибелі. Закономірністю є те, що за повільного впливу несприятливих умов рослинам легше пристосовуватись. Коли фаза адаптації завершується, вегетація рослин відбувається звичайним шляхом (але за зниженого загального рівня процесів). У третю фазу виснаження, якщо стрес перевищує порогові значення основних життєво важливих реакцій – рослина гине. За припинення дії стрес-чинників і нормалізації зовнішніх умов, включаються процеси репарації, відновлення.

Виділяють три основні групи чинників, що спричинюють стрес у рослин: фізичні, до яких відносять недостатню або надмірну вологість,

освітленість, температуру, радіоактивне випромінювання, механічні пошкодження; хімічні – різні солі, гази, полютанти, ксенобіотики (гербіциди, інсектициди, фунгіциди, промислові відходи); і біологічні, до яких відносять збудників епіфітотій, комахи-фітофаги, а також конкурентні види.

Рослини за впливу несприятливих умов в процесі онто- та філогенезу виробляють різноманітні механізми виживання та адаптації. По-перше, за допомогою тих, які дозволяють їм протистояти або уникати несприятливих чинників довкілля (онтогенетичні особливості розвитку, зокрема, цвітіння, плодоношення, фотоперіодична чутливість, короткий час відновлення весняної вегетації, толерантність до фітофагів; епіфітопаразитів тощо); по-друге, за допомогою спеціальних анатомо-структурних пристосувань (дрібнolistість, відсутність листя, воскоподібний наліт листків, стебла, їх опушеність, кількість, розміри, розміщення продихів, форма і площа листків і стебел, елементи насінневої продуктивності, тривалість фотосинтетичної активності), та особливостей анатомічної будови (кутикули, кореневої системи, форми та складу насіння тощо).

За даними О. В. Колесніченко та ін., В. П. Карпенка, будова транспіраційних органів, листків зокрема, зменшення клітин епідермісу на одиницю поверхні листків як коефіцієнт морфоструктури, зменшення мережі провідних пучків сповільнює процеси водообміну й відображає підвищену посухостійкість. Відмінні особливості в структурі листя верхнього ярусу рослин (більш висока концентрація соку, інтенсивніша транспірація) пояснюються тим, що вони розвиваються в умовах дещо ускладненого водопостачання.

По-третє, реакції рослини на мінливі умови середовища обов'язково пов'язані зі зміною її фізіологічних і біохімічних процесів. Ці процеси складні і часто взаємозалежні, зокрема синтез стресових білків, до складу яких входять цінні структурні високомолекулярні й низькомолекулярні групи речовин (гліадини та глютеїни) зернівок злакових видів. Гліадини – мономерні білки з інтрамолекулярними -S-S-зв'язками, які, формуючи фізичні показники тіста (еластичність, пружність, розтяжність та в'язкість), визначають адаптивні властивості зернових рослин. Склад гліадину та глютеїну пшениці контролюється шістьма та трьома основними локусами генів, відповідно. Продовж останніх десятиліть в наукових програмах підвищення адаптивності рослин культурних видів, з метою вирішення продовольчої проблеми у світі, провідними вченими: В. Parent, Р. Payne, О. О. Созинов, В. М. Тищенко и др., В. В. Моргун та ін., В. А. Кунах, О. І. Рибалка, О. Anderson et al. та ін. показана можливість використання інформативних біохімічних маркерів, а саме груп запасних білків – гліадинів та високомолекулярних глютенінів, які в сукупності складають генетичну ідентичність кожного біотипу чи сорту.

Важливою реакцією на стресові чинники довкілля є зміна властивостей мембран, що пов'язано з перебудовами в їх структурі, зокрема, із збільшенням в'язкості цитоплазми, гальмуванням поділу та росту клітин,

синтезу осмотично-активних низькомолекулярних речовин, наприклад, проліну, який утворює гідрофільні колоїди, що утримують воду і захищають рослинні білки від руйнування (під час посухи, надлишку солей, дії низьких або високих температур).

За умов стресу в клітинах рослини також можуть синтезуватись специфічні цукри, поліаміни, беатин, токсини. На стресовий стан реагує гормональна система рослин: зростає кількість абсцизової кислоти, етилену, жасмонової кислоти, змінюється співвідношення фітогормонів, що гальмують ростові процеси і входження рослин у стан спокою. Рослини по-різному реагують на підвищені температури. Зазвичай вони знижують свою температуру за рахунок процесів транспірації, але якщо за цих умов виникає водний дефіцит, який призводить до зменшення транспірації, високі температури швидше пошкоджують клітинні мембрани і денатурують (руйнують) білки, але навіть часткова їх денатурація призводить до порушення узгодженості процесів обміну: загибель клітин відбувається внаслідок нагромадження токсичних проміжних продуктів обміну (наприклад, розчинних азотистих сполук). Високі температури для більшості рослин помірної зони гальмують процеси фотосинтезу, зменшують активність фітогормонів, і як наслідок, пригнічують процеси росту, оскільки знижується активність гіберелінів.

Стійкість рослин до високих температур – жаростійкість досягається зміною метаболізму: збільшенням вмісту гліцину, бетаїну і розчинних цукрів, необхідних у регулюванні осмотичної діяльності та захисті клітинних структур, в'язкості цитоплазми за рахунок підтримки водного балансу клітин, стабільності мембран, буферизації та окисно-відновного потенціалу.

Реакцією на знижені температури є некротичні плями на листках і їх в'янення. Зниження додатних температур призводить до пошкодження мембран і збільшення їх проникності, втрати іонів кальцію і калію з цитоплазми, змінюються також властивості мембран мітохондрій і хлоропластів. Внаслідок порушення обмінних процесів в рослині нагромаджуються проміжні, шкідливі продукти, рослина гине. Рослини, стійкі до низьких додатних температур, запобігають витратам іонів і підтримують стабільність мембран за рахунок високого вмісту ненасичених жирних кислот у складі фосфоліпідів мембран. Пристосувальні реакції до низьких позитивних температур проявляються у здатності підтримувати метаболізм, за впливу яких він знижується. Це досягається більш широким температурним діапазоном активності ферментів, синтезом протекторних сполук. У стійких рослин зростає ефективність роботи антиоксидантної системи, синтезуються стресові білки.

Під час посухи рослина втрачає тургор і починає в'янути. Перші фази в'янення (циторизу) подібні з першими фазами плазмолізу (це явище, зворотне тургору): об'єм клітини зменшується через зменшення вмісту води. Потім процеси циторизу та плазмолізу відбуваються по-різному. Під час плазмолізу цитоплазма відстає від клітинної оболонки, а під час в'янення

цитоплазма, яка скорочується через втрати води, тягне за собою оболонку, оболонка втрачає свою форму, рослина гине.

Біохімічні процеси за водного стресу різноманітні. Перш за все, в клітинах знижується вміст вільної води, одночасно зростає концентрація клітинного соку, білків-ферментів і, як наслідок, їх активність. Особливо різко знижується активність ферментів, які каталізують процеси синтезу. Водночас, активність ферментів, які каталізують процеси розпаду, зростає. В'янення збільшує активність протеолітичних ферментів. Вміст білкового азоту різко знижується, а небілкового – зростає. Розпад білків під час зневоднення може бути настільки значним, що рослина гине.

В умовах водного стресу відбуваються помітні зміни і в гормональній системі. Це насамперед нагромадження фітогормонів – абсцизової кислоти і етилену. Абсцизова кислота зумовлює зменшення транспірації за одночасного посилення поглинання води кореневою системою. Зменшується вміст таких фітогормонів як ауксини і гібереліни. Зміна співвідношення фітогормонів гальмує ростові процеси, що розглядається як захисна реакція.

Посухостійкість – як складна інтегральна ознака, контролюється цілісною системою організму рослин і проявляється в його здатності витримувати значне зневоднення та перегрівання, зберігаючи за цих умов нормальний ріст, розвиток та відтворення. Як властивість, посухостійкість визначається, в основному, спадковими ознаками, що виникли в процесі філогенезу, проте може формуватися і в процесі онтогенезу під впливом умов навколишнього середовища. Посухостійкість в одних випадках зумовлена пристосуванням до нестачі води в атмосфері (атмосферна посуха), в інших – до нестачі води в ґрунті (ґрунтова посуха).

Нестача води змінює і такі основні фізіологічні процеси як фотосинтез і дихання у рослин помірної зони із С-3 типом фотосинтезу. Досліджуючи продуктивність пшениці в умовах незначної посухи, С. Віта, Т. Гератс відзначають деяке збільшення продуктивності фотосинтезу озимої пшениці: у період колосіння–цвітіння від 3,2 до вище 5,5 г/м² на добу. Деякими авторами відмічено, що за невеликої втрати води листками активність фотосинтезу в деяких сортів рослин зменшується незначно, але помітно затримуються відтік асимілянтів з листків, ріст і розвиток. За великих втратах води (понад 15–20 %) депресія фотосинтезу і порушення інших фізіологічних процесів у рослині різко зростають. Під час зневоднення продихи закриваються, це різко знижує надходження діоксиду вуглецю в листя і, як наслідок, інтенсивність фотосинтезу та росту зменшується. Зневоднення порушує структуру хлоропластів, а також зменшує активність ферментів, що беруть участь у фотосинтезі. Відзначається також, що рослини найбільш чутливі до нестачі води в періоди найінтенсивнішого росту.

Індикаційними ознаками ксероморфності рослин, у т. ч. зернових, прийнято вважати ранній енергійний ріст коренів, їх кількість та довжину; восковий наліт листків, стебла і їх опушеність; укорочений період від молочної до воскової стиглості; тривале збереження зеленого забарвлення

листя; товсті жилки на листках. Наявність остюків, скручування прапорцевих листків, яке спостерігається, коли рослини вже закінчили ріст, також може вказувати на водний статус рослини і, відповідно, на глибину проникнення кореневої системи. Ксероморфна структура клітин відображається у підвищеній в'язкості та еластичності цитоплазми через високий осмотичний тиск клітинного соку; інтенсивній транспірації, більшій кількості та менших розмірах продихів, а також кутикулярному восковому нальоті, який обумовлює відображення променів інфрачервоного випромінювання.

Підтримання гомеостазу за дії різних екстремальних чинників забезпечує фізіологічна антиоксидантна система. Своєрідним стресовим маркером є стан фотосинтетичних зелених пігментів (хлорофіли а та b), вміст яких може слугувати показником адаптивності. До систем захисту організму від ушкоджень відносяться ферменти, які знешкоджують вільні радикали і пероксиди: супероксиддисмутаза (СОД), каталаза, різноманітні пероксидази.

Інтенсивність процесів пероксидного окиснення ліпідів, активність антиоксидантних ферментів, пул низькомолекулярних антиоксидантів залежать від генетично детермінованої посухостійкості сорту і є важливими у адаптації рослин до дефіциту води. Слабостійкі до посухи сорти відзначаються високим вмістом пероксиду водню і малонового діальдегіду та низьким вмістом гідропероксидів ліпідів у листках. Для посухостійких сортів *T. aestivum*, *S. cereale* і *Hordeum sativum* L. характерним є зростання активності супероксиддисмутази, аскорбатпероксидази, каталази. Іншими дослідниками виявлено, що контрастні за посухостійкістю рослини відрізняються нормою реакції щодо змін вмісту низькомолекулярних антиоксидантів (аскорбату, глутатіону, каротиноїдів) у листках за умов посухи.

Однією з адаптивних реакцій рослин на дію холоду є збільшення вмісту в клітинах водорозчинних вуглеводів – сахарози, глюкози, фруктози, рафінози та інших сполук. Упродовж останніх років значна увага приділяється значенням цукрів, особливо сахарози – однієї з основних форм розчинних цукрів у рослинах як сигнальних чинників індукції експресії генів і процесів розвитку. Розчинні цукри і пролін – сумісні осмотично-активні сполуки, які відіграють важливу роль у забезпеченні структурної та функціональної стабільності клітин за умов втрати ними води.

Адаптація рослин до низьких температур супроводжується збільшенням кількості фосфоліпідів, яке пов'язане з нагромадженням основних фосфоліпідних компонентів: фосфотидилхоліну і фосфотидилетаноламіну. В процесі адаптації до несприятливих погодних умов в рослинах відбуваються певні метаболічні та фізіологічні зміни, які забезпечують їхнє виживання в умовах суворих зим.

Світлові промені теж впливають на фізіологічні та біохімічні процеси рослинної клітини. Так, під впливом короткохвильового випромінювання (0,74–2,5 мкм) може уражатися ДНК, середньохвильове (2,5–50 мкм) руйнує білки (але в незначних кількостях воно необхідне рослинам),

довгохвильове ж (50–2000 мкм) небезпечне для клітин рослин тільки у великих дозах. Захисним механізмом у рослин на дію високих доз УФ-випромінювання є синтез протекторних речовин: флавоноїдних пігментів та інших фенольних сполук, антоціанів та ін., які нагромаджуються в епідермісі клітини, блокують небажаний вплив УФ променів.

Ознакою надлишку сонячного світла є зміна забарвлення листя рослин. Воно стає бронзово-жовтим, а рослини – більш кремезними з короткими міжвузлями. Надлишок сонячного світла може призвести до перегріву як кореневої системи, так і листків, зумовлюючи їх опік. Основними характеристиками світла є його спектральний склад, інтенсивність і динаміка (добова і сезонна). Найнеобхіднішим спектральним складом сонячного світла для фотосинтезу рослин є червоні (600–720 нм) і помаранчеві (595–620 нм) промені, які впливають на швидкість росту і розвитку. Сині і фіолетові (380–490 нм) стимулюють синтез білків і цвітіння рослин короткого, довгого світлового дня. Довгохвильові ультрафіолетові (315–380 нм) індукують синтез вітамінів, середньохвильові ультрафіолетові промені (280–315 нм) підвищують холодостійкість.

У процесі еволюції механізми реакції живої системи на зовнішні впливи піддавалися природному добору, тому припускають, що біохімічна стратегія адаптації клітин повинна бути однотипною та раціональною. Звідси, механізми стійкості рослин до стресових чинників необхідно розглядати як окремі прояви загальних принципів надійності живої системи. Відомо, що втрати продуктивності у світовому сільському і лісовому господарстві від дії стресових чинників різної природи складають 65–85 % щорічно. Крім народногосподарського аспекту, проблема стійкості має велике природно-екологічне значення, адже здатність рослин адаптуватися до умов існування – один із чинників, що визначає ареали поширення видів на планеті і можливість їх інтродукції. У зв'язку з цим, все більшу увагу науковців привертає питання пошуку шляхів та прийомів підвищення адаптаційної здатності рослин до дії негативних чинників.

Пристосування живих організмів до біотичних і абіотичних стресових умов – один з найважливіших показників їх оцінки, що пов'язано, насамперед, з адаптивним потенціалом вищих рослин, тобто їх здатністю до виживання, відтворення та саморозвитку в постійно мінливих умовах навколишнього середовища. Здатність рослин до адаптації є проявом надійності біологічних систем – біоценозів, популяцій, видів та організмів, є реалізацією їх природного потенціалу в філогенетичних та онтогенетичних змінах умов середовища. Адаптація вищих рослин до абіотичних чинників середовища проявляється за допомогою механізму уникнення та толерантності. Первинна реакція рослинного організму на дію будь-якого екзогенного чинника спрямована на запобігання пошкодженню клітин, органів, тканин і, ймовірно, є універсальною, характеризується швидкою мобілізацією неспецифічних захисних систем, білків, ферментів тощо. Якщо вплив екзогенного чинника не перевищує летального порогу, настає фаза

адаптації, за якої механізми пристосувань проявляється в результаті метаболічних порушень.

Найбільш поширеним способом оцінки пластичності є рівень насінневої продуктивності культур за контрастних умов, або на основі випробування сортів у різних фізико-географічних районах досліджень. Первинними способами вирішення продовольчої і екологічної проблем щодо підвищення продуктивності та стійкості рослин культурних видів до несприятливих абіотичних й біотичних чинників є залучення морфо-фізіологічних і молекулярно-генетичних методів, які розкривають сутність генотипів перед їх широкомасштабною апробацією.

Адаптивний потенціал зернових культур: *T. aestivum*, *T. trispecies*, *S. cereale* обумовлений субклітинним (молекулярний, генний), клітинним, аут-, дем- та синекологічним рівнями, які визначають межі екологічної толерантності в стресових умовах, зокрема, за дефіциту ґрунтової та атмосферної вологи, високих температур, різких перепадів низьких і високих температур та інших чинників, оскільки висока екологічна пластичність й здатність швидко мобілізувати свої внутрішні енергетичні ресурси, наявність протекторних властивостей молекулярно-генетичного, фізіолого-біохімічного та морфологічного характеру рослин дозволяє їм протистояти екстремальним умовам.

Найнадійнішим способом ідентифікації кількісних та якісних ознак культур, в т.ч. адаптивних, є молекулярно-генетичний аналіз, який за допомогою уніплексних і мультиплексних полімеразних ланцюгових реакцій (ПЛР), з використанням специфічних праймерів, дозволяє виявити гени, що відповідають за ті чи інші ознаки. Приналежність зернових культур до інтенсивного (низькоадаптивного) чи екстенсивного (високоадаптивного) типу визначають гени короткостебловості – *Rht*. Короткостеблові сорти (гени *Rht 1* і/або *Rht 2*) формують крупніший колос, значення якого для карликових і напівкарликових сортів дуже тісно корелює з показниками сухої маси рослин, порівняно з високорослими сортами. Поєднання в генотипі генів *Rht* і *Ppd* скорочує на 7–9 діб період від сходів до колосіння і знижує ростову функцію листків. Зниження посухостійкості у короткостеблових сортів пов'язане з тим, що чим крупніший колос, тим більші розміри вегетативних органів, зокрема листків.

За даними деяких авторів, сильну позитивну кореляційну взаємозалежність із посухостійкістю мають гени гліадину: *Gli 1A*, *Gli 1B*, *Gli 1D*, *Gli 6A*, *Gli 6B*, *Gli 6D*, локалізовані в коротких α -плечах хромосом 1-ої і 6-ої гомеологічних груп. Гліадини та глютеніни – запасні білки клейковини, вміст яких визначає хлібопекарські властивості борошна. За аельним станом високомолекулярних глютенінів визначають якісні показники борошна: еластичність і пружність тіста. В роботах О. О. Созінова, В. М. Тищенко, В. М. Починока показана взаємозалежність генів гліадинів *Gli 1A3* та *Gli 1D5* з високою морозо-, зимостійкістю сортів пшениці.

Генами стійкості зернових культур до збудників епіфітотій і комах-

фітофагів, зокрема, до рас бурої іржі (*leaf rust*) є: гени *Lr* (*Lr 9, Lr 13, Lr 15, Lr 24*); стеблової (*stem rust*) – гени *Sr*, жовтої іржі (*yellow rust*) – гени *Yr*, борошнистої роси (раси *powdery mildew*) – гени *Pm*, раси *Erysiphe graminis* – гени *Eg*. У м'якої пшениці ідентифіковано 16 генів стійкості до борошнистої роси, із них 8 отримані від інших видів і родів: *Pm 2* і *Pm 6* від *T. timopheevii*, *Pm 4a* і *M 1d* – від *T. durum*, *Pm 4b* – від *T. persicum*, *Pm 5* – від *T. dicoccum*, *Pm 7* і *Pm 8* – від *S. cereale*. Для диференціації збудника борошнистої роси використовують серію ізогенних ліній сорту *Chancellor*.

Генетично обумовленими показниками є стійкість до фітофагів. Так, стійкість до злакової попелиці контролюється п'ятьма домінантними і одним рецесивним генами – *Gb*. Донори стійкості – сорти *Largo* і *Amigo*. Стійкість до зернової цистоутворювальної нематоди контролюється одним домінантним геном – *Cre* (2B). Ступінь стійкості пшениці до хлібного трача також нерасоспецифічний, контролюється генами, що локалізовані в хромосомах 3B, 5A, 6A, 6D.

Широку екологічну пластичність рослин кукурудзи, сої, пшениці, жита, рису та ін. культур визначають гени посухостійкості *Dreb 1, Dreb 2*. За даними К. Nakashima із співавт., А. В. Бавол та ін., гени *Dreb 2*, ідентифіковані в арабідопсисі Таля (*Arabidopsis thaliana* L. (Heynh.)) відповідають ще і за високу морозо- і зимостійкість, стійкість до засолення. Відома взаємозалежність компонентів біохімічного складу насіння та адаптивних властивостей, зокрема, вмісту білка, крохмалю насіння. Високий вміст амілози крохмалю в насінні *T. aestivum, T. trispecies, S. cereale* визначає алельний стан гена *Wx* дикого типу *Wx-Ala, Wx-Ale* і *Wx-B1a, Wx-B1e*. Нефункціональні алелі *Alb, Blb*, гена *Wx* відповідають за блокування синтезу амілози в крохмалі зерна. Особливу цінність для дієтичного харчування мають генотипи пшениці, тритикале, з низьким або «нульовим» вмістом амілози в зерні, у яких наявні обидва, або хоча б один рецесивний *Blb* алель – це так звані, за даними О. І. Рибалки, М. Yamamori, N. Quynh, M. Saito із співавт., «ваксі-сорти». О. О. Панютою із співавт. показані молекулярні механізми стратегії адаптації рослин за дії біотичних стресорів як прояв чинників вродженого імунітету, що проявляється завдяки комплексу мультіваріантних захисних реакцій рослин до дії патогенів за участю білків лектинів та дефензинів. Активність захисних білків у рослин визначається вмістом мРНК та зумовлює ступінь гальмування проникнення і розвитку патогена в клітини, а, отже, й рівень стійкості рослини. Деякими авторами показані механізми швидкої експресії генів захисних білків (лектинів та дефензинів) та регенерації на початкових стадіях патогенезу навіть за дії високовірулентних штамів фітопатогенних грибів високого рівня в результаті вродженого імунітету.

Здатність живих організмів пристосовуватись до дії несприятливих чинників залежить від швидкості адаптивних реакцій в процесі метаболізму, які визначають енергетичний обмін. Внаслідок гальмування таких реакцій припиняється ріст, знижується продуктивність, іноді рослина гине. Так,

дослідженнями Н. М. Сісакяна виявлено, що зміщення ферментативної дії в бік гідролізу в листках молодих проростків *T. aestivum*, зумовлює втрату 20 % запасів води в них. Захисно-приспосувальні механізми, що забезпечують протистояння зневодненню рослин або перенесення ними водного дефіциту і високих температур, можуть діяти на всіх рівнях їх організації: молекулярному, клітинному, організмовому, популяційному і в т.ч. фізіолого-біохімічному. Стійкість до водного дефіциту зазвичай пов'язана з механізмами уникнення стресу, тобто забезпечення нормальної водності рослинних тканин, і механізмами толерантності, тобто прояву тих пристосувань, які дозволяють переносити стрес (наприклад, осмотична регуляція цукрів, амінокислот, зокрема, вільного проліну, скручування листя).

Важливими критеріями, що відображають екологічну адаптивність рослин культурних видів до умов навколишнього середовища, є морфологічні ознаки рослин. Встановлено, що стійкість до комах обумовлена певними морфологічними ознаками зернових культур. Щільне прилягання колоскової луски до зернівки заважає заселенню колоса комахами-фітофагами: трипсом, злаковою попелицею. Коефіцієнт розмноження хлібного клопика залежить від щільності прилягання піхви листка до стебла. Ступінь твердості колоскової луски пшеничних впливає на стійкість культур до шкідливої черепашки.

Стійкість зернових культур до хлібного трача також нерасоспецифічна. Так, ступінь стійкості до цієї комахи пов'язаний з виповненістю стебла, зокрема, у сорту *Rescue* наявні гени виповненості соломини, що локалізовані в хромосомах 3В, 5А, 6А, 6D, що і обумовлюють його високу толерантність до фітофага. Стійкість до заселення представників *Triticeae* листоїдом п'явиці (*Oulema melanopus* L.) пов'язана з наявністю та щільністю опушення листків, що є механічною перешкодою для відкладання яєць самкою комахи, а також для переміщення і харчування личинок. Серед м'яких пшениць О. Панютою із співавт. виділені рослини лінії CI-9321, яка має дуже опушений листок: на 1 мм² листка припадає 105 волосинок – трихом, коли у сприйнятливих генотипів їх кількість в межах 20–40. Стійкість до комах пов'язана з морфологічними ознаками рослини, зокрема, опушенням, виповненістю соломини, жорсткістю та щільністю колоса й колоскових лусок, величиною язичка піхви листка тощо, тривалістю вегетаційного періоду, масою 1000 зерен, натуртістю зерна тощо, реакцією на тривалість світлового дня, інтенсивністю осіннього куціння, тривалістю колосіння. Так, дослідженнями С. О. Трибеля, О. М. Сумарокова, О. О. Стригуна із співавт. показано, що високий рівень стійкості рослин *T. aestivum* до стеблових хлібних пильщиків забезпечують біотики з високою стійкістю до вилягання, а до хлібних жуків – зі стійкістю до осипання.

Стійкість рослин *T. aestivum* до фітофагів О. О. Стригун із співавт. розглядають за кількома біоценотичними механізмами: антибіозу (пригнічення розвитку фітофагів); антиксенозу (непринадність рослин для

відкладання яєць імаго); толерантності (відновлення втрачених органів рослин без зменшення продуктивності); ухилення (неспівпадіння в часі уразливих фенофаз рослин з розвитком шкідливої стадії фітофага); антибіозу і ухилення; антиксенозу і ухилення; антиксенозу, антибіозу і ухилення. Останній серед яких є надзвичайно цінним через поєднання типів стійкості, що ефективно регулює чисельність ентомофагів, забезпечує реалізацію потенційної продуктивності сортів і зводить нанівець формування резистентності фітофагів до стійкого сорту.

Отже, в процесі онто- і філогенезу рослини культурних видів до сприятливих та несприятливих чинників навколишнього середовища виробили низку біологічних механізмів (молекулярно-генетичних, фізіолого-біохімічних, морфологічних, онтогенетичних, біоценотичних), ідентифікація генотипів за якими відображає ступінь їхньої екологічної адаптивності, пластичності та стійкості.

10.1. Теоретичні та прикладні аспекти оцінки параметрів життєздатності рослин культурних видів в нових умовах зростання

Таксономічний та екологічний аналіз складу природних, антропогенно порушених чи сформованих рослинних угруповань, в т.ч. культурних рослин, є невід'ємним етапом пізнання їх будови, систем зв'язків, визначення тенденцій розвитку, розробки заходів стабілізації, охорони, оптимізації чи змін складу і будови цих угруповань відповідно до еталонних або певних «ідеальних» станів», які уявляє, досліджує чи намагається досягти людина. Досконалий опис складу угруповань культурних рослин потребує підходу різних систем життєвих форм і, передусім, систем, запропонованих О. Л. Бельгардом, І. Г. Серебряковим, В. В. Голубевим та ін. Його суттєво доповнюють встановлення

ареалів, способів та особливостей поширення, походження, ступеня натуралізації, інтродукції, біологічної цінності тих чи інших видів.

Зручними об'єктами досліджень процесів адаптації та проявів адаптивності є озимі однорічні трав'янисті рослини, зокрема, *T. aestivum* L., *S. cereale* L., *T. trispecies* Shulind., що належать до класу Однодольних (*Liliopsida* L.) порядку Злакоцвітих (*Poales* L.), родини Злакових (*Poaceae* L.), підродини М'ятликові, або Справжні Злаки (*Pooideae* L.) триби Пшеницеві (*Triticeae* L.). Рід Пшениці поліморфний за видовим складом і за літературними даними налічує 28 дикорослих, культурних та синтетичних, створених в лабораторних умовах видів. Рід Жита налічує 5 видів, серед яких найбільш поширеним є жито посівне, який об'єднує понад 40 різновидностей. Новою культурою, отриманою в результаті схрещування пшениці та жита є новий ботанічний рід – тритикале. Залежно від особливостей створення рід поділяють на три генетичних види: двовидове октаплоїдне тритикале – *Triticale aestivumforme* L., створене схрещуванням жита з м'якою пшеницею; Двовидове гексаплоїдне – *Triticale durumforme* L.,

створене схрещуванням жита з твердою пшеницею; трьохвидове гексаплоїдне – *Estivum durumforme* L., створене схрещуванням жита з м'якою та твердою пшеницею. В Україні поширений вид трьохвидового тритикале (*T. trispecies* L.) ярого і озимого типів розвитку.

За класифікацією І. Г. Серебрякова *T. aestivum*, *S. cereale*, *T. trispecies* – це клас Монокарпічних трав з асимілюючими пагонами несуккулентного типу підкласу Однорічні монокарпіки. За класифікацією життєвих форм С. Raunkiaer, яка відображає розміщення верхівок пагонів відносно поверхні ґрунту впродовж несприятливого періоду року – це терофіти – однорічні озимі трав'янисті рослини з мичкуватою кореневою системою, яка проникає у ґрунт на глибину 1–1,5 м і більше. Жито – перехреснозапильна рослина, пшениця, тритикале – самозапильні, але в умовах стресів погодно-кліматичного походження можуть запилюватися перехресно.

З метою впровадження найбільш перспективних видів і життєвих форм культурних рослин у штучні фітоценози на фоні специфічних умов навколишнього середовища, правомірно та доцільно визначати екологічну валентність виду (сорту, лінії) щодо впливу екстремальних чинників довкілля і тих, що знаходяться в оптимумі, мінімумі чи максимумі, а також досліджувати морфо-екологічні особливості, які визначають ступінь пристосованості рослин до нових умов зростання. Кількісно виявити вплив кожного екочинника дозволяє екологічна валентність, генетична стійкість і толерантність. Стійкість пристосування популяцій конкретного виду до зміни тільки одного з чинників – відображає потенційна екологічна валентність. Якісно охарактеризувати стійкість до несприятливих чинників навколишнього середовища (посухо-, зимо-, морозостійкістю, стійкістю до ураження збудників епіфітотій та комах-фітофагів) дозволяє поділ культурних видів рослин на еколого-ценотичні групи, інтродукція яких у нові, найбільш відповідні для них умови дасть можливість найповніше реалізувати біотичний потенціал. До однієї еколого-ценотичної групи можуть належати рослини різних видів і родів. І навпаки, рослини одного виду можуть утворювати кілька еколого-ценотичних груп.

І. Г. Серебряков розробив найповнішу систему, в основі якої – зовнішній вигляд рослини відображає ритм її розвитку. Система ранжування рослин за їх екологічними особливостями дає можливість глибше вивчити структуру ценозу в конкретних умовах існування та визначає приналежність груп рослин до окремих елементів екотопу та біогеоценозу у цілому. Так, за відношенням до водного режиму виділяють: гідрофіти, гігрофіти, мезофіти, ксерофіти, в свою чергу ксерофіти поділяють на сукуленти та склерофіти; по відношенням до тепла: психрофіти, мезотермофіти, термофіти тощо.

До однієї життєвої форми можуть належати рослини різних видів і родів і, навпаки, рослини одного виду можуть утворювати кілька життєвих форм.

Екологічний спектр екоморф дозволяє виділити різноманітність рослин за морфологічними ознаками певного екотопу, чи типу біоценозу, формації,

різновиду тощо, виражене у відсотках (наприклад, екологічний спектр домінантів і субдомінантів).

Збагачення культур фітоценозів новими цінними рослинами і збереження генофонду рослинного світу в штучних резерватах, серед яких провідне місце займають ботанічні сади, газони, агроєкосистеми тощо, можливе завдяки інтродукції видів, різновидів, культиварів, сортів, ліній, гібридів. Для ефективного впровадження генетичної плазми культурних видів в антропоічно-трансформовані екосистеми використовують так звану адресну інтродукційну з урахуванням нативних властивостей екоотопів, що відображено у їхніх вимогах до екологічних чинників. У практиці екологічних досліджень культурних видів важливим етапом в розширенні їх функціональних можливостей та гармонізації з умовами існування є розгляд «відповідей» рослин за їх пристосуваннями до певної амплітуди коливань екологічних умов за спектрами життєвості. В умовах сучасного зростання антропогенного впливу, в т.ч. антропоічного пресингу на навколишнє середовище постає необхідність в пошуку нових підходів оцінки найважливіших чинників з позиції не лише агроєкологічного потенціалу (удосконалення елементів управління життєвим станом культурних рослин з використанням певних агротехнологій), але й біоцентричного підходу – біолого-екологічного районування, яке б включало особливості «підбору» найсприятливіших умов для реалізації генетичного потенціалу видів та форм культурних рослин, тобто їхньої максимальної гармонізації з умовами довкілля (світловий, тепловий, водний, сольовий режими та ін.). Саме такий підхід забезпечить раціональне використання природних ресурсів, зменшення пестицидного навантаження на довкілля, збільшення генетичного різноманіття та збереження динамічної рівноваги в екосистемах й оптимізації життєвого стану біорізноманіття.

З позиції удосконалення елементів управління життєвим станом рослин у межах тих чи інших екосистем, є розробка способів підтримання та підвищення адаптивного й продуктивного потенціалів форм культурних видів, залучаючи додаткові антропоічні інвестиції. Оскільки дуже часто спектри абіотичних чинників (їх мікрокліматичне, едафічне та ін. різноманіття) представлені значними відмінностями, передумовою біолого-екологічного районування є розробка екологічного паспорту сорту рослин культурних видів, де вони розглянуті за критеріями можливих механізмів ендегенних та екзогенних адаптацій.

В основі збільшення генетичного різноманіття лежить інтродукція нових видів і форм рослин. Для успішного культивування видів важливими, на думку Н. А. Базилевської та А. М. Мауринь, є інтродукція як нових цінних за господарсько-біологічними, культурно-естетичними та іншими ознаками й властивостями видів на типологічному рівні, так і інтенсивна інтродукція на рівні екотипів, популяцій і форм тих видів, які вже позитивно апробовані. Критеріями успішного інтродукування є прогностична модель управління життєвим станом рослин за критеріями механізмів структурно-

функціональних адаптацій. Передумовою розробки критеріїв є дослідження екологічних, морфологічних, фізіолого-біохімічних, молекулярно-генетичних маркерів та маркерних ознак і властивостей як екзогенних та ендегенних механізмів прояву адаптивності за різних фізико-географічних зон досліджень впродовж тривалого часу, оскільки роки істотно різняться за гідротермічними та іншими чинниками. Лише такий системний підхід дозволить всебічно оцінити адаптивний потенціал рослин до кліматичних умов досліджуваних екотопів та повнішою мірою реалізовувати свою життєздатність. Серед найбільш інформативних індивідуальних параметрів життєздатності організмів є онтоморфогенез, репродуктивна активність особин різної життєвості, насіннева продуктивність, анатомо-морфологічні, аллометричні (репродуктивне зусилля) та ритмологічні ознаки.

Широкою популярністю в Західній Європі користуються екологічні шкали Р. Хундта, Г. Елленберга, Е. Ландольта та ін., а також Л. Г. Раменського, Д. Н. Циганова, Я. П. Дідуха, П. Г. Плюти. Ще із праць А. Шимпера, Е. Вармінга прийнято виділяти групи (типи) видів рослин за їх відношенням до світлового, теплового, водного, сольового режимів та інших умов біотопів їхнього існування. Незручність у використанні екологічних шкал полягає в тому, що, по-перше, вони характеризуються неоднаковою розмірністю, а часом і зайвою деталізацією (наприклад, у шкалі зволоження Л. Г. Раменського – 120, а Д. Н. Циганова – 23 градації), по-друге, важкі символічні позначення і терміни. Кожна зі шкал пов'язана з певним географічним регіоном або зоною і відображає відповідний флористичний склад рослин. Наприклад, екологічні шкали Л. Г. Раменського призначені для кормових угідь (трав'янистих угруповань).

Екологічну позицію виду можна оцінити за допомогою різних екологічних підходів, зокрема точкових шкал оптимумів, екологічних, регіональних шкал. Діапазонні екологічні шкали побудовані на бальній оцінці екологічної амплітуди видів за чинниками середовища. Для аналізу екологічних режимів територій на зональному та регіональному рівнях використовують чотири шкали Д. Н. Циганова: термокліматичну, континентальності клімату, омброкліматичну аридності-гумідності, кріокліматичну. Решта шість шкал відображають екологічну неоднорідність території локального масштабу за: зволоженням, його мінливістю, видовим багатством, кислотністю, сольовим режимом ґрунтів, освітленістю місць існування. Для диференціації живих організмів на екологічні групи зручним є метод Акімова–Бельгарда.

Кількісно виявити вплив кожного екочинника на певний вид організмів дає можливість екологічна валентність, генетична стійкість, толерантність, екологічна біонтність видів, останні з яких розглядаються як синоніми термінів стенобіонтність, мезобіонтність і еврібіонтність, причому і ті й інші використовуються як для одного, так і для низки чинників. На відміну від низки авторів, Л. А. Жукова розглядає міру пристосованості популяції конкретного виду до зміни тільки одного з екологічних чинників як

потенційну екологічну валентність (*PEV*) виду, що розширює уяву про можливості за рахунок оцінки діапазону значень конкретного чинника впливу, в межах якого можуть існувати популяції виду.

В сучасних екологічних дослідженнях для природних видів широко використовують еколого-ценотичні групи (*ЕЦГ*) рослин. В цьому випадку екологічні умови оцінюють за складом рослинних угруповань або їх компонентами. Для опису життєздатності рослин і тварин широко застосовують термін стратегія життя виду (*life-history strategy*). Ще вченими-еволюціоністами було доведено, що здатність живих організмів витратити різну кількість ресурсів на розмноження формується в процесі природного добору і є специфічною ознакою виду. За розміром затрат ресурсів, потрібних для розмноження, види живих організмів можна розділити на дві групи: конкуренти (*K*-стратегі) і рудерали (*r*-стратегі).

Рівень протистояння видів мінливим умовам навколишнього середовища визначається протекторними еколого-адаптивними властивостями. Оцінити адаптивний потенціал можна за різними критеріями, найбільш об'єктивними серед яких є низка інтегральних показників (насіннева продуктивність, екологічна толерантність, акліматизаційне число тощо). Запорукою успішної адаптації в новому ареалі поширення є «висока» і «добра» акліматизація рослин (натуралізація), яка відображає пристосованість їх до нових екологічних умов, формування насінневої репродукції й поповнення біорізноманіття. Природний відбір, введення в культуру нових видів рослин та їх адаптація – важливе завдання екологічних досліджень, яке розв'язує успішна інтродукція. Вдале введення в культуру перспективних видів рослин можливе за умов глибокого розуміння біології їх розвитку, розмноження, а також дослідження особливостей їх вирощування та використання. На сьогодні, інтродукція рослин є майже безперервним процесом перенесення широкого асортименту рослин в нові умови місцезростання. Цей масовий експеримент розширення ареалів видів шляхом реалізації їх генетичного різноманіття нерозривно пов'язаний з питаннями вивчення й збільшення адаптивного потенціалу та збереження різноманіття.

У практиці інтродукційної роботи постійно вживаються три основні терміни (інтродукція, акліматизація і натуралізація), щодо змісту яких досі не існує єдиної думки. Зокрема, за М. А. Кохно, А. М. Курдюком, акліматизація рослин – це весь тривалий процес уведення у культуру як дикорослих, так і культурних рослин. У даному сенсі акліматизація охоплює два етапи – інтродукцію та власне акліматизацію. Більшість дослідників термін інтродукція розглядають як введення рослин в культуру, а деякі вважають, що інтродукція – це введення в культуру лише дикорослих видів. М. М. Гришко пропонував замість терміну інтродукція вживати термін «окультурювання нових рослин», а М. А. Аврорін вважав, що інтродукція – це первинне вирощування рослин певного виду (чи форм рослин) у даному природному районі. За С. Я. Соколовим, інтродукція – це сукупність методів і прийомів, за допомогою яких людина сприяє успішному проходженню

акліматизаційного процесу, що відбувається в організмі рослини.

Види з повною та високою акліматизацією формують стійкі інтродукційні популяції, які здатні поширюватись шляхом вегетативного та насінневого розмноження. Це свідчить про те, що нові природно-кліматичні, едафічні та екологічні умови певної території відповідають умовам природного ареалу розповсюдження більшості інтродукованих видів. Межі поширення інтродукованих видів визначає спектр їхніх адаптаційних можливостей, що є результатом молекулярно-генетичних, фізіолого-біохімічних, анатоמו-морфологічних, біоценотичних та інших механізмів.

Для сільськогосподарських культур останнім часом все більшої уваги набуває адресна інтродукція. Необхідність зональної і територіальної диференціації впровадження нових видів і форм рослин обумовлена наявністю на території України чотирьох зон і дев'яти ґрунтово-кліматичних підзон, 23 найменувань типів ґрунтів і 1147 їх різновидів. За такого різномаїття абіотичних чинників рослини по-різному проявлятимуть свій адаптивний потенціал, відмінний за механізмами адаптивності й параметрами життєздатності.

Стійкість рослин за умов дії несприятливих екологічних чинників визначається пристосувальними реакціями на молекулярно-генетичному, фізіолого-біохімічному, морфологічному, онтогенетичному, біоценотичному, популяційному рівнях, що обумовлює необхідність досліджень структурно-функціональних особливостей та активності метаболічних процесів в рослинах, інтродукованих в регіон з інших флористичних областей. Оцінка стійкості рослин є важливим заключним етапом інтродукційних досліджень. Вона дає можливість виявити еколого-біологічні особливості, фенотипову мінливість, доцільність культури нових видів в умовах району інтродукції. Існують різні методичні підходи до оцінки результатів інтродукції, в яких, зазвичай, використовують показники візуальних спостережень, тобто дані якісної (бальної) оцінки життєздатності рослин. Такі традиційні інтродукційні дослідження набувають більшої вагомості, якщо їх доповнити кількісними оцінками (структурно-функціональними критеріями) на різних рівнях інтеграції живої матерії та вивченням механізмів стійкості інтродуцентів в нових умовах зростання.

Для деревовидних і трав'янистих видів під час проведення оцінки успішності та перспективності інтродукції рослин використовують метод інтегральної числової оцінки життєздатності та перспективності інтродукції рослин на підставі візуальних спостережень. О. О. Калініченко пропонує шкалу оцінки успішності адаптації рослин проводити з урахуванням їхньої зимостійкості, посухостійкості, цвітіння і плодоношення, а також здатності натуралізуватися. Методична схема розробки шкали для оцінки адаптації деревних рослин показує залежність репродуктивної здатності рослин від зимо- й посухостійкості й підкреслює роль властивостей у процесі адаптації.

За П. І. Лапіним і С. В. Сідневою, загальна оцінка інтродукції як дорослих, так і молодих рослин проводиться за сумою балів в діапазоні від 5

до 100. Така методика оцінки життєздатності інтродукованих рослин розрахована на використання її в тих районах, де зима лімітує можливості інтродукції деревних рослин. Згідно з цією методикою перспективність успішності інтродукції рослин визначається з урахуванням семи основних показників візуальних спостережень за загальним і сезонним розвитком рослин (ступінь щорічного визрівання пагонів, зимостійкість, збереження габітусу, здатність утворювати пагони, регулярність приросту пагонів, здатність до генеративного розвитку, доступні способи розмноження). Для кожного показника розроблено шкалу в балах. На основі аналізу показників життєдіяльності рослин і суми балів розроблена шкала оцінки перспективності рослин для інтродукції. Успішність інтродукції та ступінь акліматизації деревних порід дає можливість оцінити широко відома методика М. А. Кохно, зокрема, інтегральний показник – акліматизаційне число, як сума показників росту, генеративного розвитку, зимостійкості й посухостійкості рослин. Чим вище значення акліматизаційного числа (100 балів і більше), тим вищий показник успішності інтродукції. Розрізняють такі ступені акліматизації: повна ($A = 100$), висока ($A = 80$), задовільна ($A = 60$), слабка ($A = 40$), відсутня ($A = 20$). Викладені підходи оцінки мають широке визнання серед досліджень кількісної оцінки інтродукції видів, хоча майже не враховують «бажані» показники адаптивності для сільськогосподарських рослин. Зокрема, стійкість до найбільш поширених і шкодочинних ентомо- й епіфітопаразитів, конкурентоспроможність із сегетальною рослинністю, стійкістю до вилягання, проростання в колосі, життєздатність насіння, насіннева продуктивність тощо.

Офіційному дозволу в поширенні, вирощуванні сортів і гібридів сільськогосподарських культур передують їх сортовипробування, тобто всебічна оцінка сортів селекційних, місцевих, покращених і гібридів, виявлення найпродуктивніших, цінних за якістю врожаю, комплексно стійких і придатних для сортового районування у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, порівняно із стандартом (контрольним сортом). Державна ветеринарна та фітосанітарна служба України та Український інститут експертизи сортів України – є уповноваженими юридичними особами, які проводять сортовипробування продовольчих культурних видів та надають авторське право на їх поширення. Розрізняють станційне та державне сортовипробування. Станційне – проводять в селекційно-дослідних установах, оцінюючи сорти і гібриди для передачі у державне сортовипробування. Державне – на сортовипробувальних станціях та сортодільницях. Конкурсне сортовипробування проводять на державних сортодільницях за розширеною програмою і методикою впродовж 2–3 років. Мета випробування – рекомендувати окремим господарствам кращі сорти культур. При цьому з максимальною точністю вивчають сорти і гібриди за насінневою продуктивністю та якістю насіння, тривалістю вегетаційного періоду, зимостійкістю, посухостійкістю, стійкістю до фітофагів (для пшениці, тритикале, жита – це шведська муха та клоп-черепашка) і збудників

епіфітотій (фузаріоз, борошниста роса, бура іржа, кореневі гнилі), стійкістю до вилягання і осипання, а також враховують такі показники, як вологість насіння, маса 1000 насінин.

Державне сортовипробування на всіх сортовипробувальних станціях і сортодільницях проводять за єдиною методикою, затвердженою Державною службою з охорони прав на сорти рослин. Проте, зазначені 19 показників, вивчення яких передбачає Державне сортовипробування, не повною мірою дозволяють розкрити біопотенціал рослин для того, щоб проводити адресну інтродукцію форм культурних видів. У зв'язку з цим, зазначені вище підходи потребують удосконалення щодо покращення об'єктивності оцінки через збільшення кількості обмежувальних (лімітуючих) показників. До таких способів оцінки, що широко використовуються в екологічних дослідженнях належить узагальнена функція бажаності Дж. Харрінгтона. Сутність методу полягає в тому, що всі необхідні показники (значення параметрів адаптивних властивостей, що мають різні одиниці вимірювань) приводяться в безрозмірну уніфіковану шкалу бажаності (функція D), що в кінцевому результаті уможливорює одержання комплексної оцінки успішної інтродукції рослин з урахуванням впливу головних чинників, за об'єднанням основних критеріїв ї надання їм числового значення суми бальних оцінок. Використання числових коефіцієнтів вирішує проблему об'єктивності оцінки стану адаптивності рослин, в т.ч. в нових умовах місцезростання.

З огляду на зазначене вище, необхідно відмітити, що більшість питань щодо механізмів активування систем захисту рослин за дії стресових чинників докільля й шляхів реалізації адаптивного потенціалу у конкретних умовах існування залишаються все ще недостатньо вивченими. Вкрай необхідним залишається з'ясування стратегії пристосувальних реакцій рослин триби *Triticeae* на різних рівнях інтеграції живої матерії під час формування адаптаційних змін за впливу стресових чинників (тривалих весняно-літніх і осінніх посух, частих несприятливих умов зимівлі, значних коливань температури зимового періоду, чергування відлиг з наступним утворенням льодяних кірок, випріванням та вимоканням фітоценозів тощо), важливих в управлінні продукційним процесом і уникненні екологічних криз у агроценозах та природних екосистемах.

Однак в силу високої лабільності морфо-фізіологічних процесів важко інтерпретувати за яких конкретних чинників багатофакторної ґрунтово-кліматичної системи рослини зазнають впливу. Для розуміння принципів організації біологічних систем потрібний порівняльний підхід в контексті адаптаційних змін, зокрема за різних районів досліджень, адже специфічність пристосувальних процесів не є абсолютною і будь-який вплив несприятливих чинників навколишнього середовища викликає комплекс відповідних захисних реакцій. Знання механізмів, які лежать в основі реакції рослин на дію тривалих стресових чинників та забезпечення їх стійкості є важливим в розумінні фундаментальних основ адаптації, розробки підходів одержання стійких сортів, особливо за глобальних змін клімату, його аридизації.

Список літератури

1. Фізіолого-біохімічні аспекти адаптації сільськогосподарських рослин до комплексної дії абіотичних факторів середовища: монографія / [О. М. Вінниченко, В. С. Більчук, І. О. Філонік та ін.]; Дніпропетр. нац. ун-т ім. О. Гончара, НДІ біології. Д.: Нова ідеологія, 2011. 224 с.
2. Тищенко В. Н. Селекція и генетика пшеницы: Генетика пшеницы [Электронный ресурс] / В. Н. Тищенко, Н. М. Чекалин, М. Е. Баташова. – Режим доступа: http://agromage.com/stat_id.php?id=455.
3. Терновська Т. К. Перебудова геному м'якої пшениці для її генетичного аналізу та інтрогресії генів: автореф. дис... на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук спец.: 03.00.15 / Т. К. Терновська; НАН України. Ін-т клітин. біології і генет. інженерії. К., 1999. 32 с.
4. Синекологічні аспекти формування високопродуктивних агрофітоценозів зернових і зернобобових культур: монографія / За ред. Т. З. Москалець. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 389 с.
5. Стратегія розвитку моніторингу біологічного різноманіття в Україні. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ecnc.org/publications/technicalreports/monitoring-biodiversityukraine-strategy>.
6. Современные методы исследования и оценки засухо- и жароустойчивости растений: методическое пособие / [И. А. Григорюк, В. И. Ткачев, С. В. Са-винский, Н. Н. Мусиенко]. – К.: Науковий світ, 2003. – 139 с.
7. Селекція польових культур: збірник наукових праць. Харків: ІР ім. В. Я. Юр'єва УААН, 2008. 384 с.
8. Рибалка О. І. Якість пшениці та її поліпшення / О. І. Рибалка. К.: Логос, 2011. 496 с.
9. Полевой В. В. Практикум по росту и устойчивости растений / В. В. Полевой, Т. В. Чиркова, Л. А. Лутова. С.-Петербург, 2001. 212 с.
10. Патики В. П. Біотехнологія ризосфери овочевих рослин: монографія / В. П. Патики, Т. М. Мельничук, М. К. Шерстобоев; За ред. В. П. Патики. Вінниця: «ПП»ТД Едельвейс і К», 2015. 266 с.
11. Лихочвор В. В. Озима пшениця / В. В. Лихочвор, Р. Р. Проць. Львів: НВФ «Українські технології», 2002. 88 с.
12. Кохно Н. А. Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине / Н. А. Кохно, А. М. Курдюк; НАН Украины, Центр. ботан. сад им. Н. Н. Гришко. К.: Наук. думка, 1994. 186 с.
13. Конарев В. Г. Молекулярно-биологические исследования генофонда культурных растений в ВИРе (1967–2007 гг.). Издание 2-е дополненное / А. В. Конарев, В. В. Сидорова, СПб.: ВИР, 2007. 134 с.
14. Колупаєв Ю. Є. Стресові реакції рослин. Молекулярно-клітинний рівень / Ю. Є. Колупаєв. Харків: Держ. Ун-т ім. В. В. Докучаєва, 2001. 172 с.
15. Колесніченко О. В. Біолого-екологічні системи стійкості та адаптації рослин *Castanea sativa* Mill.: монографія / О. В. Колесніченко, І. П.

Григорюк, С. М. Грисюк. К.: Компринт, 2012. 334 с.

16. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным изменениям экологических факторов в естественных условиях: монография / [Е. Л. Кордюм и др.]; под ред. Е. Л. Кордюм; Нац. акад. наук Украины, Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного. Киев: Наукова думка, 2003. 277 с.

17. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство эколого-генетические основы. Теория и практика: в 3-х т. / А. А. Жученко. М.: Агрорус, 2008-2009. Т. 1. 2008. 813 с.; Т. 2. 2009. 1104 с.; Т. 3. 2009. 960 с.

18. Григорюк І. П. Ріст пшениці і кукурудзи в умовах посухи та його регуляція / І. П. Григорюк, О. І. Жук. К.: Наук. світ, 2002. 118 с.

19. Бородюк Н. Р. Адаптация. Новое в приспособлении к окружающей среде / Н. Р. Бородюк. М.: Глобус, 1998. 88 с.